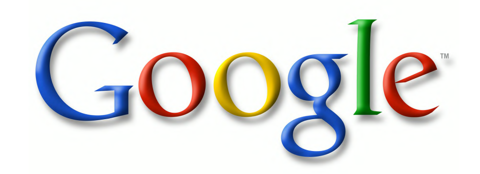
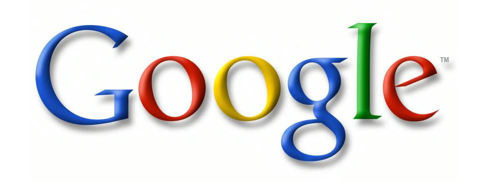
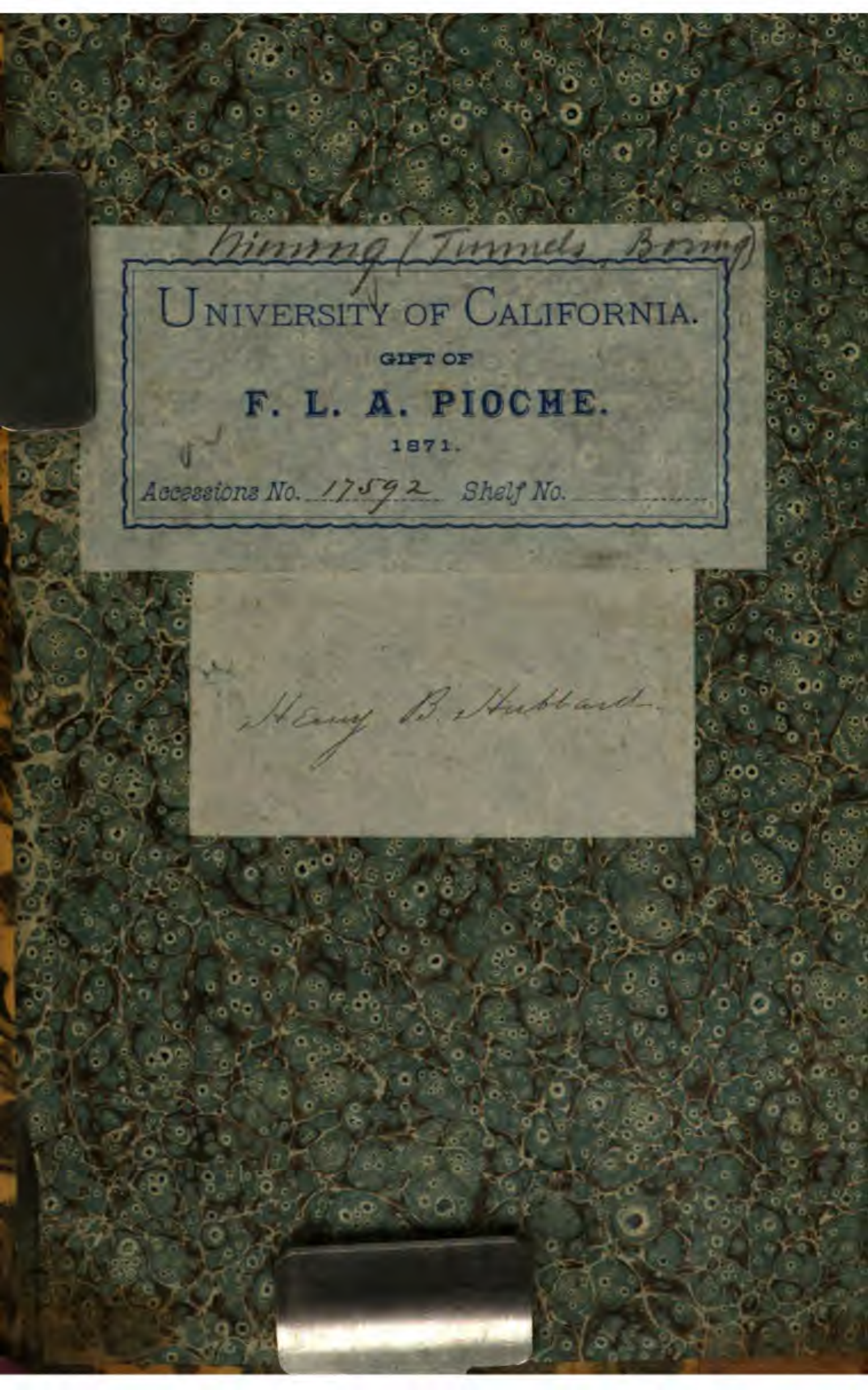




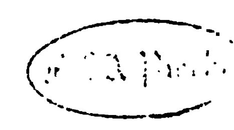


UC-NRLF
$B 32 784

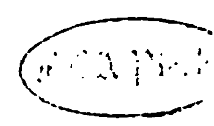

Mining (Tunnels, Boring)
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
GIFT OF
F. L. A. PIOCHE.
1871.
Accessions No. 17592 Shelf No.
Henry B. Hubbard



GUIDE
DU SONDEUR.

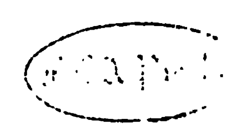


GUIDE
DU SONDEUR.





GUIDE
DU SONDEUR.



Imprimerie de Gustave GRATIOT, 11, rue la Monnaie

GUIDE
DU SONDEUR

OU

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE
DES SONDAGES

PAR

M. J. DEGOUSÉE

Ingénieur civil, fabricant d'équipages de sonde, entrepreneur de sondages pour les puits artésiens, les dessèchements, la recherche des mines, l'étude des chemins de fer et canaux



PARIS

LANGLOIS ET LECLERCQ, ÉDITEURS

81, RUE DE LA HARPE.

1847

départements de la Seine, de Seine-et-Oise, de Seine-et-Marne, et par M. d'Archiac, pour celui de l'Aisne, n'a pas cessé de servir de guide géologique pour la recherche des eaux artésiennes dans le bassin de Paris.

En 1828, M. le vicomte Héricart de Thury, qui avait le premier appelé l'attention publique sur l'emploi de la sonde, rédigea au nom de la Société d'agriculture un programme du concours ouvert par cette Société, afin de favoriser les développements de l'art des forages et son application générale en France. Le savant auteur inséra dans ce programme des coupes générales du sol de notre pays, en indiquant les terrains où l'on pouvait rechercher, avec des chances de succès, des eaux jaillissantes.

En 1829, M. de Thury présenta aux ingénieurs des considérations nouvelles sur les conditions les plus favorables aux sondages artésiens, et il leur recommanda la comparaison importante de l'altitude du point où ils opéraient avec celle de l'affleurement des couches qu'ils avaient à traverser. L'illustre académicien donna en outre l'historique des travaux de ce genre qui avaient été exécutés avec succès à cette époque dans plusieurs départements.

La même année, MM. Flachat, qui venaient d'amener avec un succès éclatant, au-dessus de la plaine de Saint-Ouen, des eaux jaillissantes de la base des terrains tertiaires, firent connaître les modifications importantes qu'ils avaient fait subir aux appareils de sonde, et les sondeurs s'empressèrent d'adopter une partie de ces nouveaux procédés que les immenses progrès, faits depuis

cette époque dans l'art des sondages, n'ont pas fait entièrement oublier.

En 1830, j'avais moi-même le bonheur de traverser le premier la craie à Tours, et de trouver dans les sables verts de la glauconie des eaux jaillissantes, qui confirmaient d'une manière éclatante les prévisions scientifiques. Plus tard, M. Desjardins publia une description intéressante du sol de la Touraine.

En 1833, parut un mémoire de M. J. Burat, contenant des notions générales de géologie appliquée à la recherche des eaux souterraines, et le résumé des sondages exécutés alors dans les diverses formations.

Les beaux résultats obtenus déjà à l'aide de la sonde, et l'extension si rapide que prenait l'art des sondages entre les mains de quelques ingénieurs, appelaient de ce côté l'attention des savants, lorsque M. Arago inséra dans l'Annuaire du Bureau des longitudes, pour l'année 1835, une de ces belles notices où il sait faire parler la science dans un langage si clair et la mettre à la portée de tous sans rien sacrifier de sa rigueur. Dans ce travail, qui donna une impulsion nouvelle aux sondages, M. Arago exposa la théorie rationnelle des puits artésiens, en résuma l'histoire, l'enrichit d'une multitude de faits nouveaux et intéressants, et posa d'une manière nette et précise la théorie réelle des eaux jaillissantes.

En 1838, sur l'invitation de la direction des travaux publics, j'ai publié dans les Annales des mines la description de mes nouveaux outils de sondage et les différents procédés de tubages. M. Leplay, ingénieur en chef

des mines, a décrit en 1841 l'ingénieuse coulisse désarticulante de M. d'OEynhausen, et dans la même année, j'ai fait connaître dans ce recueil les tiges en bois, les tiges en fer creux et le levier équilibrant.

M. Viollet a publié en 1840 une théorie des puits artésiens qui a éclairci plusieurs questions restées douteuses.

Dans son traité, publié en 1844, sur la géologie appliquée au traitement des minéraux utiles, M. A. Burat a consacré un chapitre spécial à la description des outils qui se trouvent dans mes ateliers, et son traité récent sur les gîtes métallifères est encore un de ces livres où les sondeurs pourront puiser des indications utiles.

M. Combes, ingénieur en chef des mines, vient aussi de publier son cours d'exploitation, et l'atlas qui accompagne cet important ouvrage contient les descriptions des équipages de sonde employés tant en France qu'à l'étranger.

A ces nombreux ouvrages, parmi lesquels le grand travail de MM. Élie de Beaumont et Dufresnoy sur la carte géologique de la France occupe un rang éminent, il faut encore ajouter les comptes-rendus des travaux des ingénieurs des mines, dont les douze volumes déjà publiés depuis l'année 1833, par ordre de M. Legrand, directeur général des ponts-et-chaussées, présentent une statistique complète des richesses minéralogiques de nos départements. C'est ici que se placent les beaux travaux faits par MM. Sauvage et Buvignier pour les Ardennes, Thiriat pour la Haute-Saône, Senarmont pour les départements de la Seine, de Seine-et-Oise et de Seine-et-Marne, Blavier pour la Mayenne, Hérault pour le Calvados, Lay-

nières pour l'Aube, Triger pour la Sarthe, d'Archiac pour l'Aisne, etc., etc.

On voit, d'après ce résumé rapide des travaux publiés dans l'intérêt direct ou indirect de l'art des sondages, que les auteurs ne lui ont pas manqué pour favoriser et enregistrer ses progrès; mais ces progrès ont été si nombreux et si rapides qu'ils ont successivement rendu insuffisants les livres qu'on pouvait regarder comme les plus complets au moment de leur publication. Il en résulte que les entrepreneurs ou les propriétaires qui veulent exécuter des sondages, sont forcés de compulser un grand nombre de livres où les renseignements qu'ils cherchent ne sont donnés que d'une manière incomplète et accessoirement à de plus vastes sujets; si bien qu'après avoir dépouillé péniblement de volumineuses bibliothèques, ils sont dans la nécessité de recourir encore aux conseils de quelques ingénieurs voués à ce genre spécial de travaux.

Il y a donc là, dans nos ouvrages technologiques, une lacune, et j'essaie aujourd'hui de la remplir en réunissant dans un même volume les documents épars dans un grand nombre d'ouvrages, en les complétant sur plusieurs points, et en donnant pour la première fois les règles pour la manœuvre des outils, leur description détaillée, et les modifications qu'il convient de leur faire subir, suivant la nature du terrain à perforer. Pour justifier le titre de ce manuel, qui est destiné à servir réellement de guide dans la pratique des sondages, j'indiquerai les accidents qui peuvent se rencontrer dans le travail, ainsi que les moyens de les réparer. Je crois, en effet, que dix-huit

ans de pratique sans interruption, six cents sondages exécutés dans des localités très différentes, et plus de deux mille coups de sonde donnés pour servir à l'exploration du sol, m'ont mis à même de connaître toutes les circonstances qui peuvent se présenter dans le travail du sondeur. En m'attachant à faire connaître les instruments et les méthodes aujourd'hui en usage, je mentionnerai ceux qu'on employait auparavant, et j'indiquerai les motifs de leurs divers perfectionnements. J'espère éviter ainsi aux personnes qui voudront diriger elles-mêmes des sondages les expériences coûteuses par lesquelles j'ai dû passer, leur donner les moyens d'utiliser des travaux interrompus en réparant les accidents résultant de la rupture des outils, de l'éboulement ou du resserrement du terrain, de la déviation du trou de sonde et de la détérioration des tuyaux de retenue, les prémunir enfin contre les pertes de temps et d'argent qui découragent trop souvent, et font renoncer à des travaux auxquels il ne manque pour donner une large compensation aux sacrifices déjà faits que d'avoir été menés à fin.

J'ai consacré les premières pages de ce livre à une exposition sommaire des éléments de la théorie et de l'histoire des sondages. Dans cette introduction en quelque sorte nécessaire, je me suis efforcé d'être bref en n'omettant aucun point essentiel. Il est inutile d'avertir que ce résumé rapide des principes théoriques qui servent de bases à l'art du sondeur, ne saurait dispenser ceux qui veulent l'exercer de l'étude approfondie des sciences spéciales auxquelles j'ai dû les emprunter.

J'entre en matière par l'indication des connaissances nécessaires à un directeur de sondages.

Je donne ensuite la description de tous les outils, la composition et les prix des divers équipages de sonde depuis la plus petite, la sonde d'exploration, jusqu'à celle qui doit être mue par une machine à vapeur.

J'expose les différentes méthodes de tuber, et de réparer les accidents; plusieurs de ces opérations sont résumées dans un journal de sondage, indiquant avec détail la marche des travaux dans les différentes formations, les accidents arrivés, les moyens à l'aide desquels ils ont été réparés, et les précautions à prendre pour les éviter.

Un relevé des résultats obtenus par l'emploi de la sonde, des différentes applications faites jusqu'à ce jour, et des indications des travaux auxquels elle pourra être ultérieurement appliquée termine cet ouvrage.

Je n'ai cru devoir reculer devant aucun détail parce que les hommes qui travaillent écrivent généralement peu; il m'a semblé nécessaire, comme praticien, d'entrer dans des explications qui pourraient sembler surabondantes à certaines personnes, mais que les travailleurs apprécieront lorsqu'ils seront dans l'embarras; ainsi, en décrivant un grand nombre des cas malheureux survenus dans les sondages, je dirai comment j'en suis sorti, et j'épargnerai aux autres tentatives infructueuses par lesquelles j'ai dû passer avant d'arriver à la solution vraie. Je donnerai la description de quelques instruments de précision dont l'usage est fréquent et indispensable dans les sondages, pour

bien se rendre compte des travaux faits et à faire, et dont j'ai fait les premières applications, guidé par le commandant du génie Leblanc, auquel on doit les perfectionnements qui mettent à même d'en tirer de prompts résultats.

Je dirai un mot sur les moyens de réparer les puits artésiens lorsque leur produit diminue, et indiquerai les précautions à prendre pour que les puits absorbants fonctionnent constamment et ne s'engorgent pas.

Je terminerai par la publication des lois et ordonnances qu'il est indispensable de connaître pour éviter des difficultés dans le cours des travaux, et apprécier les restrictions ou les facilités que les sondeurs pourront rencontrer pour profiter des résultats obtenus.

GUIDE
DU SONDEUR.

CHAPITRE PREMIER.

PRÉCIS HISTORIQUE ET THÉORIQUE DE L'ART DES SONDAGES.

Vers la fin du seizième siècle, un des hommes qui ont eu l'honneur d'inaugurer le mouvement scientifique et industriel des temps modernes, exposait l'art des sondages dans le dialogue suivant :

PRATIQUE. « Si je voulais trouver de la marne en quelque province où l'invention ne fût encore connue, je voudrais chercher « toutes les terrières desquelles les potiers, briquetiers, et tuiliers « se servent en leurs œuvres, et de chacune terrière, j'en voudrais « fumer une portion de mon champ ; puis je voudrais avoir une « tarière bien longue, laquelle tarière aurait au bout de derrière « une douille creuse, en laquelle je planterais un bâton, auquel il « y aurait par l'autre bout un manche au travers, en forme de « tarière, et ce fait, j'irais par tous les fossés de mon héritage, « auxquels je planterais ma tarière jusques à la longueur de tout « le manche, et l'ayant tirée dehors du trou, je regarderais dans « la concavité, de quelle sorte de terre elle aurait apporté, et « l'ayant nettoyée, j'ôterais le premier manche et en mettrais un « beaucoup plus long, et remettrais la tarière dans le trou que « j'aurais fait premièrement, et percerais la terre plus profond ; « et par tel moyen ayant plusieurs manches de diverses lon-« gueurs, l'on pourrait savoir quelles sont les terres profondes,

« et non seulement voudrais-je fouiller dans les fossés de mes hé-« ritages, mais aussi par toutes les parties de mes champs, jus-« qu'à ce que j'eusse apporté au bout de ma tarière quelque té-« moignage de ladite marne, et ayant trouvé quelque apparence, « lors je voudrais faire, en icelui endroit, une fosse telle comme « qui voudrait faire un puits.

« Théorique. Voire, mais s'il y avait du roc au-dessous de ces « terres, comme l'on voit en plusieurs contrées que toutes les « terres sont foncées de rochers?

« Pratique. A la vérité cela serait fâcheux; toutefois en plu-« sieurs lieux les pierres sont fort tendres, et singulièrement « quand elles sont encore en la terre : pourquoi me semble qu'une « torsière les percerait aisément, et après la torsière on pourrait « mettre l'autre tarière, et par tel moyen on pourrait trouver « des terres de marne, voire des eaux pour faire puits, lesquelles « bien souvent pourraient monter plus haut que le lieu où la « pointe de la tarière les aura trouvées : et cela se pourra faire « moyennant qu'elles viennent de plus haut que le fond du trou « que tu auras fait.

« Théorique. Je trouve fort étrange ce que tu me dis, que si le « roc m'empêche de percer la terre, qu'il faut aussi percer le roc; « et si c'est du roc, qu'ai-je faire de le percer, vu que je cherche « de la marne.

Pratique. « Tu as mal entendu, car nous savons qu'en plusieurs « lieux les terres sont faites par divers bancs, et en les fossoyant « on trouve quelquefois un banc de terre, un autre de sable, un « autre de pierre et un autre de terre argileuse. »

Dans ce dialogue, où se révèle le génie naïf et lumineux de Bernard Palissy, sont exposés pour la première fois d'une manière rationnelle les usages de la sonde, et, comme il convenait à cette époque, c'est *Pratique* qui parle et donne des leçons à *Théorique*.

En effet, c'est la pratique qui, dès l'antiquité la plus reculée, a suggéré aux hommes l'idée de cet outil si remarquable, à l'aide

duquel ils peuvent percer l'écorce terrestre, ramener à la surface du sol des échantillons des minéraux enfouis dans ses profondeurs, et mettre en rapport les couches géologiques des divers étages. C'est la pratique qui a fait naître et a conservé jusqu'à nous chez plusieurs peuples l'art singulier des sondages artésiens; c'est elle qui a creusé en Chine, en Syrie, en Égypte, dans la haute Italie et dans notre ancienne province de l'Artois, ces fontaines artificielles qui n'ont pas cessé de couler depuis plusieurs siècles; c'est à elle que rendaient hommage les citoyens de Modène, lorsqu'ils plaçaient sur l'écusson de leur ville ces deux tarières de fontainier que nous y voyons encore; c'est elle enfin qui dictait à Palissy les lignes que l'on vient de lire.

Mais si l'illustre ingénieur revenait aujourd'hui, et qu'il mît de nouveau en présence les deux interlocuteurs qu'il faisait conférer autrefois, c'est à *Théorique* assurément qu'il donnerait d'abord la parole. En effet, si la théorie s'est laissée devancer par la pratique dans l'invention de la sonde, elle a su depuis reprendre le premier rang, et notre siècle lui doit l'honneur d'avoir inventé une seconde fois, ou pour mieux dire, créé véritablement l'art des sondages. C'est elle qui, en décrétant les lois de l'hydraulique, en constituant la météorologie, en découvrant les formes caractéristiques de l'écorce terrestre, a expliqué des phénomènes qu'on produisait au hasard, a généralisé des procédés qui restaient confinés dans des cantons isolés, a fait succéder une activité prévoyante à de timides tâtonnements, a fait passer la sonde des mains des ouvriers à celles des ingénieurs, et a élevé ainsi une routine locale, aveugle, incertaine, à la dignité d'un art véritable, d'un art universel, rationnel, sûr de lui-même.

Cette transformation s'est accomplie sous nos yeux avec une rapidité singulière, et c'est à notre pays qu'en revient tout l'honneur. Il y a trente ans à peine, la sonde était encore ce que l'avaient faite, par une longue pratique, les fontainiers de l'Artois et de l'Italie, et son usage, loin de se propager dans les autres pays,

semblait plutôt tomber en oubli dans ceux où il avait pris naissance, lorsque des sociétés, instituées à Paris pour encourager l'agriculture et l'industrie, entreprirent de développer un art si utile et si négligé. La question fut mise au concours, d'illustres savants s'associèrent à cette idée en rédigeant des programmes et des instructions théoriques, des ingénieurs habiles se mirent à l'œuvre et bientôt l'usage de la sonde était répandu en France, chez tous les peuples de l'Europe, jusqu'en Afrique, et même dans le Nouveau-Monde.

Cette vive impulsion donnée par la théorie à l'art du sondage a réagi d'une manière puissante sur la pratique : dans ces forages exécutés sur tant de points éloignés et dans des circonstances si diverses, des conditions nouvelles ont apparu, des accidents imprévus se sont produits qui ont conduit à varier la forme des instruments ainsi que leurs manœuvres; chaque fois que la sonde, après avoir percé un nouveau point de l'écorce terrestre, remontait à la surface, c'était pour subir quelque perfectionnement nouveau : ainsi l'humble tarière, que Palissy se proposait de *planter dans les fossés de son héritage*, s'est convertie peu à peu en un instrument admirable, approprié aux conditions les plus diverses; sa tige a pris des dimensions gigantesques; et, au bout de ce manche long de plusieurs centaines de mètres, on a pu couper des tubes, tourner des vis, saisir des outils perdus, accomplir enfin des travaux aussi compliqués que ceux que le forgeron et le chaudronnier exécutent sur leur enclume.

Au moment de résumer, pour la première fois, dans un manuel complet et méthodique, l'ensemble de ces perfectionnements, avant de décrire l'outillage et les engins dont les sondeurs se servent aujourd'hui et les procédés qu'ils doivent suivre, il convient sans doute de réserver à la théorie les premières pages de ce livre. Tel est l'objet de ce premier chapitre, dans lequel nous exposerons les principes qui servent de base à l'art du sondeur, et nous retracerons à grands traits l'histoire des sys-

tèmes par lesquels a passé l'esprit humain pour prendre possession de ces principes.

La circulation des eaux à la surface de la terre, ce vaste roulement par lequel les sources, incessamment renouvelées, versent dans les fleuves des masses énormes qui s'écoulent avec tant de régularité et retournent incessamment à la mer, est un des phénomènes les plus grandioses que la nature offre à notre admiration et à notre étude. Devant cet imposant spectacle, les hommes ont été d'abord saisis d'une admiration craintive, et d'une sorte d'horreur religieuse. C'est ce sentiment qui a peuplé le bord des fleuves et des fontaines de cette foule de divinités auxquelles sacrifiait la superstition, et le poëte des Géorgiques s'en est fait l'interprète dans ces beaux vers où il nous montre le pâtre, fils d'Apollon et de Cyrène, admis à visiter le séjour souterrain de sa mère :

Jamque domum mirans genitricis et humida regna,
Speluncisque lacus clausos, lucosque sonantes,
Ibat, et. ingenti motu stupefactus aquarum,
Omnia sub magnâ labentia flumina terrâ
Spectabat diversa locis[1]. . . . .

Ainsi le double culte de la poésie et de la religion a été le premier hommage rendu par les hommes à ce grand ouvrage de la nature; mais ce premier sentiment satisfait, un autre s'est éveillé, et l'on a cherché à expliquer ce qu'on admirait tout à l'heure. L'imagination s'est d'abord mise en quête de systèmes plus ou moins ingénieux ou extravagants; puis l'observation a apporté des modifications de plus en plus précises, et l'on a vu se dérouler cette longue suite d'hypothèses qui nous ont con-

[1] . . . . Il s'étonne, il admire
« Le palais de sa mère et son liquide empire;
« Il écoute le bruit des flots retentissants,
« Contemple le berceau de cent fleuves naissants,
« Qui, sortant en grondant de leurs grottes profondes,
« Promènent en cent lieux leur course vagabonde.

duits à la théorie rationnelle que nous possédons aujourd'hui.

D'où provient l'eau qui circule à la surface des continents et dans l'intérieur du sol? Par quel mode d'approvisionnement l'eau vient-elle sans cesse alimenter les réservoirs souterrains? Enfin, par quelle force est-elle poussée vers la surface dans le bassin des fontaines et dans le lit des fleuves? Telles sont les questions qui rentrent dans le problème général de l'aménagement naturel des eaux douces, et qui se rapportent, comme on voit, à trois points principaux :

Le premier est relatif à l'origine des eaux, le second à la disposition des voies souterraines, où, pour ainsi parler, des récipients solides dans lesquels elles sont versées, et le troisième aux forces en vertu desquelles les eaux, amenées dans ces récipients, s'y meuvent et s'y distribuent.

Sans s'arrêter à ces divisions naturelles du problème, les premiers auteurs de systèmes, l'embrassant dans son ensemble, l'ont résolu d'un seul coup, et, en quelque sorte, par un seul bond de leur imagination en travail.

Ainsi Platon, résumant l'opinion de la plupart des philosophes grecs, nous apprend que le réservoir commun des sources est.... le *gouffre du Tartare*. Voilà pour l'approvisionnement, et quant à la distribution il nous assure que c'est *par cascades* que les eaux arrivent à la surface du sol.

Aristote professe une autre doctrine, et saint Thomas, avec toute la philosophie scholastique, se range à l'opinion du maître de l'école : dans ce système on n'a que faire du Tartare ni d'aucun autre réservoir; l'eau se forme dans l'intérieur même du sol en vertu du fameux principe de la transmutation des corps, dont l'alchimie a fait un si grand usage. C'est l'air qui, en séjournant dans la terre, s'y épaissit et se change en eau. Pour mettre cette eau en mouvement, on avait recours à une autre hypothèse également familière à l'ancienne physique, celle des causes occultes. Pour les uns c'est *l'ascendant des astres*, pour d'autres c'est *la*

propriété vivifiante du sable pur, d'où résulte la circulation *de la mer visible dans une mer invisible*, que Van-Helmont s'efforce de prouver par des textes de la Bible; c'est encore *la force de projection..... la force expansive..... la force vitale* de la plante : en résumé l'eau monte parce qu'elle a une vertu ascensionnelle qui la porte à monter [1].

Ce mode d'explication a paru longtemps satisfaisant, et nous avons vu même des écrivains contemporains le renouveler en le revêtant de formes scientifiques ou métaphysiques. Dans un livre publié en 1826 sur les sondages artésiens, et où se trouvent des renseignements utiles, un ingénieur américain, M. Dickson, a proposé une *nouvelle théorie de l'ascension des eaux*, d'après laquelle les eaux souterraines sont rejetées à la surface par une force expansive résultant de la chaleur centrale et *indépendante de toute action gravitante*. Quelques années plus tard un philosophe, M. Azaïs, ressuscitant à la fois le principe de la transmutation et celui de l'expansion, s'en servait pour expliquer le jaillissement des eaux artésiennes : « Tout corps, disait-il, qui recèle dans ses parties centrales un foyer d'expansion, cerné par des enveloppes plus ou moins épaisses, est un corps en état de ressort, ce qui veut dire en état d'effort continu contre la résistance de ses enveloppes. Il travaille sans cesse à les écarter, à les briser, à les dissoudre, et ne pouvant y parvenir, il exerce du moins son action expansive sur les substances intérieures : il les agite, les divise, les atténue et les projette autant qu'il lui est possible à travers les pores des enveloppes extérieures; cette action de *ressort* et de

[1] Cette formule est celle qui se représente si souvent dans les spéculations de l'ancienne physique ; c'est elle que Pascal ne dédaignait pas de discuter, lorsque le père Noël l'appliquait à la définition de la lumière, en disant que *la lumière est un mouvement luminaire de rayons lumineux* ; c'est elle enfin que Molière ne faisait que transporter du livre le plus grave sur la scène, lorsqu'il expliquait pourquoi l'opium fait dormir.

transpiration est dans la nature l'action première et essentielle. »

Après avoir distingué trois espèces de transpiration : la transpiration vitale, qui émane des régions centrales de notre planète et lance par voie de rayonnement les fluides subtils tels que le calorique, le magnétisme et l'électricité; la transpiration *moyenne*, qui émane des régions intermédiaires, et projette sous forme vague et demi-impétueuse les gaz dont se compose l'atmosphère; la transpiration *faible* ou *indolente*, qui émane des couches superficielles en produisant une molle *transsudation* sous forme aqueuse, M. Azaïs assurait que, semblable à notre sang qui s'exhale en sueur ou jaillit sous le coup de lancette, l'eau intérieure jaillit sous le coup de sonde, en obéissant au principe universel de l'*expansion*.

A la suite de ces deux systèmes s'en présente un troisième auquel se rattache le grand nom de Descartes. Cette fois la mer est le réservoir où s'alimentent directement les sources : les eaux de l'Océan pénètrent dans l'intérieur des terres par des cavernes qui leur offrent des aqueducs naturels; elles s'insinuent par infiltration et viennent remplir de grandes cavités placées sous les montagnes pour servir à la dépense des fontaines. Ce premier point admis, reste à expliquer d'abord comment les eaux parviennent sous les montagnes et s'y élèvent beaucoup au-dessus du niveau de l'Océan, ensuite comment dans le trajet souterrain elles perdent leur salure et se convertissent en eaux douces. Pour rendre compte de ces deux faits à la fois, on a le choix entre deux hypothèses. Dans la première les eaux marines subissent dans les cavernes souterraines l'action du feu central qui les réduit en vapeur et les fait monter dans le corps de la montagne comme dans le chapiteau d'un alambic; ainsi distillée, l'eau dépose ses sels au fond de ces grandes chaudières, et la vapeur, parvenue à une certaine hauteur, se condense par le refroidissement et surgit à la surface du sol : « Les eaux, dit Des-
« cartes, pénètrent par des conduits souterrains jusques au des-
« sous des montagnes, d'où la chaleur qui est dans la terre, les

« élevant, comme en vapeur, jusqu'à leur sommet, elles y vont « remplir les sources des fontaines et des rivières. » Dans cette première hypothèse la terre est considérée comme un alambic, dans la seconde, développée par l'académicien La Hire en 1703, elle est conçue comme un filtre qui retient le sel marin et fait monter l'eau douce par l'action capillaire, comme dans un morceau de sucre qui trempe par un seul point dans un verre d'eau.

Cet échafaudage compliqué, à la construction duquel l'imagination encore mal disciplinée des physiciens avait eu trop de part, offrait cependant quelque accès à l'esprit d'analyse et d'observation ; aussi la critique du dix-huitième siècle ne tarda pas à y pénétrer, le battit en brèche et le renversa de fond en comble.

« La supposition par laquelle la mer est amenée sous toute la surface des continents est purement gratuite, dirent les adversaires de ce système. De plus, elle est démentie par les faits : on connaît des puits sans eau et dont le fond est cependant plus bas que la prétendue nappe d'eau souterraine ; il y a même des plaines dont la surface est inférieure au niveau de la mer, et qui ne sont pas inondées, comme cela devrait être si la mer, par une infiltration séculaire, pénétrait indéfiniment dans l'intérieur des terres. Cette supposition ne rend pas compte des variations considérables qu'on remarque dans le débit des sources. La chaleur nécessaire pour distiller l'énorme quantité d'eau douce, qui surgit du sol, n'est nullement en rapport avec celle qu'on observe dans les souterrains où cette opération est censée se faire. Une aussi grande masse de vapeurs ne saurait trouver place dans les cavités souterraines, quelque vastes qu'on les suppose, et devrait produire dans le sol des agitations qui ne se font point sentir. Les sources devraient être plus abondantes sur le bord de la mer que dans l'intérieur des terres, dans la plaine que sur les montagnes, et l'observation nous montre précisément le contraire. La capillarité peut bien, dans des terres poreuses, élever l'eau à une hauteur de quelques pieds, mais elle ne lui fera jamais franchir des diffé-

rences de niveau très considérables. La quantité prodigieuse de sels que la mer a dû déposer, soit par distillation, soit par filtration dans le sol, aurait dû, en modifiant sensiblement sa salure, obstruer et combler depuis longtemps les canaux, les filtres et les alambics souterrains. Veut-on avoir une idée de ce résultat, calculons, et l'arithmétique consultée nous dispensera de discuter davantage. L'eau de la mer contient une proportion de sel égale au trente-deuxième de son poids, soit, pour compter au plus bas, 2 livres de sel pour 1 pied cube d'eau marine; or il passe sous le Pont-Royal 288,000,000 de pieds cubes d'eau en vingt-quatre heures; ce volume d'eau aura donc déposé sous terre 576,000,000 de livres de sels; en réduisant ce produit de la moitié pour tenir compte de l'eau pluviale qui entre dans la Seine, nous trouvons que l'eau qui passe de l'Océan dans le lit de la Seine dépose chaque jour dans les entrailles de la terre 288 millions de livres de sel, et plus de cent milliards de livres dans l'année; mais qu'est-ce que la Seine comparée à toutes les rivières de l'Europe et enfin du monde entier? quel amas de sel aura donc laissé dans les canaux souterrains la masse d'eau douce, qui se décharge dans la mer depuis tant de siècles!....... » — A cela il n'y avait rien à répondre, et personne n'essaya de le faire. Déjà la pensée du physicien s'était transportée sur un autre terrain; mûrie par l'observation, instruite par ses erreurs mêmes, elle saisissait la vérité et l'enfermait dans un quatrième et dernier système.

Dans cette théorie définitive, les eaux puisées dans la mer et distillées par la chaleur solaire, se répandent en vapeur dans l'atmosphère, retombent en pluie, en neige, en brouillard ou en rosée sur toute l'étendue des continents, restent en partie à leur surface dans les dépôts des glaciers, coulent en partie dans les couches perméables qui viennent en s'infléchissant, affleurer à la surface du sol, et là, poussées par leur propre poids, descendent, se meuvent et remontent comme dans nos siphons; ainsi, comme un seul agent, la chaleur pourvoit à l'approvisionnement des eaux

douces, une seule force, la pesanteur, suffit aussi à leur distribution, et nous connaissons encore ici la majestueuse simplicité de la nature, toujours économe dans l'emploi des moyens et inépuisable dans la variété des résultats.

* Comment une idée si simple, qui s'offrait naturellement à l'esprit des anciens, que plusieurs, Vitruve entre autres, ont énoncée d'une manière formelle, n'a-t-elle pas été accueillie tout d'abord, c'est ce qu'il est facile d'expliquer avant d'aller plus loin. Si l'on considère successivement les trois éléments du problème, relatifs à la météorologie, à la géologie et à l'hydrostatique, on reconnaît que sur chacun de ces points les premiers observateurs manquaient des données les plus essentielles et devaient être rejetés vers d'autres explications par des difficultés insurmontables.

L'évaporation est un phénomène qui se dérobe à nos sens et qui ne peut être mesuré que par les procédés les plus délicats de la physique pneumatique : Comment donc les premiers physiciens auraient-ils pu attribuer à cette cause, dont ils soupçonnaient à peine l'existence, ce prodigieux travail qui consiste à puiser dans la mer et à charrier sur les montagnes les masses d'eau qu'ils en voyaient descendre ? Il est vrai qu'en laissant de côté la question de l'origine première des eaux douces, et en se bornant à mesurer la quantité des eaux pluviales, ils auraient pu voir qu'elle suffit largement à l'entretien des sources ; mais cette opération udométrique ne pouvait guère se présenter à ces esprits peu observateurs, et d'ailleurs, l'eussent-ils exécutée, une seconde difficulté relative à la partie géologique du problème devait encore les détourner de la solution véritable.

En effet, il leur restait à comprendre comment les eaux pluviales, retenues à la surface du sol par les couches très peu perméables qui la couvrent souvent sur de grandes étendues, peuvent former par dessous des nappes larges et profondes. Cette énigme devait rester insoluble, tant qu'on n'aurait pas remarqué que l'écorce terrestre est formée d'assises continues, superposées, et

dont quelques-unes vont, en s'infléchissant, rencontrer la surface, y boivent les eaux pluviales et les font couler ainsi à de grandes distances sous des couches imperméables. Or cette notion géologique, qui ne pouvait résulter que d'une longue suite d'observations, était entièrement étrangère aux anciens.

Enfin, il fallait encore comprendre comment les eaux descendues sous le sol, remontaient d'elles-mêmes à la surface, et cette interversion apparente des lois de la pesanteur ne pouvait être expliquée que par des principes hydrostatiques dont la démonstration remonte au dix-septième siècle seulement.

Ainsi, l'idée la plus naturelle a dû longtemps sembler la plus invraisemblable, et toutes les ressources de la science la plus avancée ont été nécessaires pour placer la théorie de l'aménagement des eaux douces sur sa triple base physique, géologique et mécanique. Comment ce résultat a-t-il été définitivement atteint, c'est ce qu'il convient d'exposer maintenant.

Évaluer d'une part la quantité d'eau qui est puisée dans la mer par l'évaporation, de l'autre celle qui y entre par l'embouchure des fleuves, puis comparer les résultats de cette double mesure, voilà à quoi se réduit la discussion météorologique du problème. Si le premier nombre surpasse assez le second, pour que l'excès suffise à représenter la quantité de pluie qui retombe directement dans la mer, celle qui retourne dans l'atmosphère sans entrer dans les fleuves et celle qui est consommée par les êtres organisés, il est clair qu'on ne devra plus chercher le moyen d'approvisionnement des fontaines ailleurs que dans les eaux pluviales, et qu'il restera seulement à trouver les lois de leur distribution. Le jaugeage de quelques grands cours d'eau, des opérations udométriques exécutées en différents pays, et la mesure directe de l'évaporation marine fournissent les éléments de ce simple calcul que l'on peut instituer de diverses manières, soit qu'on embrasse la surface totale du globe, soit qu'on limite la question à une portion plus ou moins étendue de cette sur-

face. Quelques exemples, empruntés à l'histoire de la physique, donneront une idée de la marche suivie dans cette discussion.

« Admettons, dit l'auteur d'une de ces thèses [1], que la mer couvre une moitié de la surface terrestre, l'autre moitié étant occupée par les continents et les îles, et partons de cette donnée expérimentale, établie par Halley, que l'eau de la mer abandonne, par jour, à l'évaporation un pouce cubique d'eau pour une surface de dix pouces carrés. Cela donne trente-trois millions de tonnes d'eau pour un degré carré, et pour la surface totale de la mer *quarante-sept mille milliards* de tonnes par jour. Maintenant quel est le débit quotidien des fleuves ? pour le supputer partons de celui du Pô, qui est, d'après des jaugeages exacts, quatre millions huit cent mille perches cubes. Pour passer de ce chiffre à celui qui convient à l'ensemble de tous les fleuves, admettons, ce qui est assez vraisemblable, que le débit de chaque grand cours d'eau est proportionnel à la surface de son bassin ; le bassin du Pô est de 45,600 milles carrés d'Italie, étendue qui, comparée à la surface totale de la terre ferme, assigne au débit de tous les fleuves une valeur dix-huit cent quatorze fois plus considérable que celle que nous venons de donner au Pô ; la mer recevrait donc en un jour, de tous les fleuves de la terre, à peu près neuf milliards de perches cubiques, résultat extrêmement inférieur à celui qui exprimait l'évaporation marine.

Un calcul du même genre fut exécuté par Halley en considérant seulement le bassin de la Méditerranée. « Cette mer, dit-il, reçoit cinq rivières considérables, l'Èbre, le Rhône, le Tibre, le Pô et le Nil. Admettons, pour tenir compte de tous les autres cours d'eau qui se déversent dans le même réservoir, que chacun de ces cinq fleuves principaux roule dix fois plus d'eau que la Tamise, le débit quotidien de ce fleuve est de vingt millions de tonnes ; la quantité d'eau douce versée chaque jour dans la

[1] Encyclopédie.

Méditerranée sera donc de un milliard de tonnes. Or, cette quantité n'est que le cinquième de ce que la Méditerranée perd dans le même temps par l'évaporation. Ce grand réservoir marin serait donc bientôt à sec, si une grande partie des vapeurs qui s'en exhalent n'y retombaient directement, et si la mer Noire et l'Océan n'y versaient le surplus de leurs eaux, en produisant les courants observés dans les détroits de Gibraltar et des Dardanelles, et si des eaux infiltrées souterrainement sur les continents n'y avaient pas aussi leur embouchure. L'arithmétique, confirmant encore une fois la nouvelle théorie, venait donc en même temps rendre raison des observations de la géographie. Ce n'est pas que les nombreux calculs de ce genre exécutés à diverses reprises et souvent avec trop de précipitation n'aient quelquefois donné des résultats contradictoires. C'est ce qui arriva, par exemple, à Gualtieri lorsqu'il compara la quantité de pluie qui tombe en Italie avec le débit de ses fleuves. Réduisant la surface totale de la péninsule en un rectangle long de 600 milles et large de 120, il portait à 2,700 milliards de pieds cubes l'eau pluviale et il égalait le produit des fleuves à celui d'un canal unique, large de 1,250 pieds sur 15 de profondeur, débitant annuellement 522 milliards de pieds cubes, ou plus du double de ce que fournirait la pluie dans le même temps. Mais on contesta justement à Gualtieri son évaluation udométrique qui ne montait qu'à 19 pouces, tandis que des mesures exactes donnaient plus de 40 pouces aux météorologistes de Pise et de Padoue; on lui demanda sur quel fondement il avait construit ce canal hypothétique, équivalant à la section totale des fleuves italiens; enfin le résultat anormal de son calcul servit seulement à établir, qu'on n'arriverait à des chiffres concluants qu'à la condition d'opérer sur des données positives en élaguant les hypothèses et en restreignant le calcul à des localités peu étendues.

C'est ce que fit Mariotte en limitant la question, ainsi que l'avait proposé Perrault, au bassin de la Seine, et en comparant la

quantité de pluie qui tombe annuellement sur la surface supérieure de ce bassin jusqu'à Paris avec la quantité d'eau qui passe sous le Pont-Royal, il trouva que le débit de la Seine ne donnait que la sixième partie de l'eau pluviale qui arrose la partie supérieure du bassin. Le calcul de Mariotte a été refait sur des données plus exactes par un ingénieur contemporain, M. Dausse, et en voici le résultat : le bassin de la Seine (en le terminant à Paris) a 4,327,000 hectares de superficie; l'eau qui tombe dans ce bassin, si elle ne s'évaporait pas, si elle ne pénétrait pas dans le sol, si le terrain était partout horizontal, y formerait au bout de l'année une couche liquide de 53 centimètres de hauteur; il est facile de voir qu'une pareille couche composerait en volume 22,933 millions de mètres cubes d'eau. Or, au Pont-Royal le débit annuel de la Seine est de 8,042 millions de mètres cubes. Ce dernier nombre est donc à peu près le tiers du premier. Ainsi le volume d'eau qui passe annuellement entre les quais de Paris n'est guère que le tiers de celui qui tombe en pluie dans le bassin supérieur. Deux tiers de cette pluie, ou retournent dans l'atmosphère par voie d'évaporation, ou se décomposent pour fournir à la vie organique les éléments qu'elle consomme, ou s'écoulent dans la mer par des communications souterraines.

Le calcul, dont Mariotte avait donné l'exemple, est applicable aux plus humbles fontaines comme aux plus grands fleuves; il n'exige, comme on le voit, que trois opérations fort simples, une mesure udométrique, un arpentage, un jaugeage, et il permet de comparer des nombres très exacts; aussi a-t-il été repris plusieurs fois et toujours il a confirmé notre théorie en faisant évanouir les anomalies apparentes que des appréciations vagues avaient fait naître; c'est ce qui est arrivé, par exemple, toutes les fois qu'on a discuté avec précision une objection souvent avancée par les partisans de la théorie de Descartes et fondée sur l'existence de sources abondantes, placées, disait-on, au *sommet* même de quelques montagnes. Notre butte Montmartre

a figuré dans cette polémique et voici comment : il existait, sur cette colline, une fontaine qui n'était qu'à 16 mètres au dessous du point culminant. L'eau pluviale, disait-on, ne peut alimenter constamment une source ainsi placée et il faut recourir à des vapeurs s'élevant du sein de la terre. Toute vérification faite il se trouva, cependant, que la portion de la butte supérieure à la fontaine, et qui pouvait conséquemment lui transmettre ses eaux, par voie de simple écoulement intérieur, avait environ 585 mètres de long sur 195 de large. Or, le volume moyen de pluie qui tombe à Paris sur une pareille étendue de terrain, entre le premier janvier et le trente-un décembre, surpasse de beaucoup la quantité d'eau que débitait annuellement la petite source en question. La même difficulté se présenta et disparut aussi devant la mesure exacte à l'occasion d'une fontaine des environs de Dijon ; là également, malgré les apparences, les eaux pluviales reçues sur la portion de terrain qui dominait la source, pouvaient amplement suffire à son alimentation. Les derniers partisans de l'ancienne théorie ont cité encore le mont Ventoux, dans le département de Vaucluse, où il existe une source à 1754 mètres d'élévation. Mais le sommet de la montagne est de 200 mètres plus élevé, et l'on expliquerait encore l'alimentation directe de cette source, si l'on comparait son débit à la quantité de pluie, de rosée et de neige qui tombe sur la partie supérieure de la montagne. Citons encore, pour clore ce chapitre, une source située près de la cour de France, sur la route de Fontainebleau, et dont les eaux sont amenées à Paris par l'aqueduc d'Arcueil. La Hire portait à 50 pouces de fontainier le produit habituel de cette source, et suivant lui « l'espace de terre d'où l'eau peut venir n'est pas assez grand pour alimenter une semblable source en ramassant l'eau de la pluie, quand il ne s'en dissiperait point. » Cette assertion n'étant accompagnée d'aucun calcul précis sur *l'espace de terre* et sur la pluie annuelle, rentre dans la classe des aperçus vagues dont la science ne doit tenir aucun compte. Au

surplus un fait semblable à celui que signalait La Hire pourrait se présenter sans que la nouvelle théorie, fondée sur l'aménagement des eaux pluviales, en reçût aucune atteinte. En effet, rien n'empêcherait alors de concevoir, en recourant aux principes que nous allons exposer tout-à-l'heure, qu'une telle fontaine serait alimentée à la manière des puits artésiens, par des canaux souterrains ayant leur point de départ plus ou moins éloigné.

En résumé, la quantité d'eau qui, élevée par l'évaporation dans l'atmosphère, retombe, sous la forme de pluie, de neige, de grêle, de rosée et de brouillard, sur les continents, est plus que suffisante pour alimenter les cours d'eau qui circulent à leur surface ou dans les cavités intérieures. Cette conclusion si simple et si féconde, rapprochée des systèmes pénibles et compliqués qu'a successivement produits l'ancienne physique, présente une de ces leçons par lesquelles l'histoire des sciences humilie si souvent l'orgueil de notre esprit, et lui apprend qu'il ne peut rien savoir par lui-même des plans de la création, que, livré à ses seules ressources, il n'a nul accès vers la réalité, qu'enfin, pour connaître la nature, il doit se résoudre à l'interroger en recueillant, par l'observation, ce qu'elle-même veut bien nous laisser voir à travers ses voiles. Cet enseignement nous est donné ici d'une manière frappante : la solution du problème, que l'on a cherchée si longtemps en vain, dépendait de deux éléments relatifs l'un à l'évaporation atmosphérique, l'autre à l'écoulement fluvial. De ces deux faits, le premier était regardé par les anciens comme tout-à-fait insignifiant, le second apparaissait au contraire à leur imagination sous des proportions si monstrueuses qu'ils ne trouvaient pas de mécanisme assez compliqué pour le produire. Or, c'est justement le contrepied qu'il faut prendre, et l'observation a fait voir que l'on se trompait doublement, et que le phénomène, dont on ne daignait seulement pas tenir compte, surpassait de beaucoup celui dont on exagérait l'importance. Deux citations feront ressortir complétement cette double erreur. La première, empruntée à Leslie, rend

sensible la force vraiment prodigieuse qui est mise en jeu dans la formation des nuages. Concevez, dit ce physicien, que l'eau qui s'évapore annuellement, au lieu de se disséminer dans l'atmosphère à toutes les hauteurs, s'élève et s'arrête tout entière à une certaine hauteur moyenne. L'évaporation annuelle se trouvera ainsi représentée, dans ses effets mécaniques, par une masse d'eau connue, élevée à une hauteur verticale également connue. Mais le travail de ce genre qu'un homme peut faire dans l'année a été déterminé; eh bien! la comparaison des deux résultats montre que l'évaporation représente le travail de 80 millions de millions d'hommes. Supposez que 800 millions d'hommes soit la population du globe; que la moitié seulement de ce nombre d'individus puisse travailler; la force, employée par la nature dans la formation des nuages, sera égale à deux cent mille fois le travail dont l'espèce humaine tout entière est capable. Voilà la force que déploie silencieusement la nature, tandis que la science humaine s'épuisait à chercher le chemin que suit l'eau de la mer pour remplir le bassin des fontaines. Et au moment où l'esprit de système passait à côté d'un si grand phénomène sans s'en apercevoir, veut-on savoir quelles proportions fantastiques ils attribuaient gratuitement à un phénomène bien plus modeste; qu'on ouvre la géographie de Bernard Varenius, ouvrage qui a eu Newton pour éditeur et qui, à la fin du dix-septième siècle, servait de guide aux étudiants de l'université de Cambridge, on y lira: « Les rivières « du premier ordre produisent une si grande quantité d'eau que « ce que chacune d'elles emporte à la mer en un an *excède la « grosseur de toute la terre !*..... telle est l'eau que le Volga jette « dans la mer Caspienne; de sorte qu'il est absolument nécessaire « que l'eau passe incessamment de la mer dans la terre, etc. » Ces deux erreurs commises en sens inverse et que l'observation des faits est venue tardivement rectifier, montrent bien à la fois et la faiblesse de nos propres conceptions et la puissance réparatrice de la méthode expérimentale.

Mais ce n'était pas tout d'avoir compris le mécanisme qui produit ce grand phénomène de l'échange perpétuel de l'eau douce et de l'eau de mer, et d'avoir restitué à la chaleur atmosphérique la fonction d'approvisionner les fontaines, il fallait encore découvrir la loi de distribution des eaux pluviales. La géologie nous fournit, à cet égard, des renseignements positifs, en nous faisant connaître la constitution de l'écorce terrestre.

Réduits en termes généraux, les principes que fournit cette science au problème que nous discutons, se réduisent à deux, relatifs, l'un à la stratification des terrains sédimentaires, l'autre à leur soulèvement. Le premier nous montre l'écorce terrestre, composée de couches parallèles et continues, séparées à la manière d'un mur par des joints bien tranchés, et formées par les dépôts successifs des eaux qui ont recouvert à diverses époques la surface des continents. Le second nous apprend que les terrains ainsi régulièrement stratifiés en couches horizontales ont éprouvé des ébranlements successifs qui les ont disloqués, fendus en certains points, et infléchis sous forme de bassins ou de cônes plus ou moins étendus. Comme un épais carton qui, formé d'abord de feuillets plans et superposés, aurait été gauchi et crevassé sous l'action de causes extérieures, l'ensemble des terrains sédimentaires a joué en quelque sorte, a perdu son niveau, et présente çà et là des creux et des bosses, en imposant à toutes les couches des formes ondulées. Ce double fait de la continuité des couches et de leur inflexion est la clef du problème qui nous occupe. En effet, en se redressant sous l'action des forces de soulèvement, les couches superficielles se sont déchirées, ont livré aux eaux torrentielles une partie de leurs dépouilles, et ont mis à nu les couches inférieures qui se montrent au jour et *affleurent*, comme on dit, soit sur les flancs, soit dans les dépressions des vallées. Or, parmi ces couches, il s'en trouve à divers étages qui sont perméables, et qui, présentant leur tranche à la surface du sol, boivent les eaux pluviales et courantes. Ces eaux doivent

donc descendre par leur propre poids, pénétrer à diverses profondeurs entre deux bancs imperméables, et circuler ainsi, en vertu de la continuité des couches, sous la surface du bassin. Cet aperçu général donne déjà l'explication géologique du phénomène, et nous pourrons passer immédiatement à l'exposition des lois suivant lesquelles la pesanteur distribue les eaux souterraines en les élevant, dans les puits naturels ou artificiels, à la hauteur d'où elles descendent. Mais, pour compléter, autant qu'il convient ici, la théorie générale des sondages, il ne sera pas inutile d'ajouter quelques mots à ces notions élémentaires, renvoyant au chapitre suivant pour les détails géologiques.

Si après avoir enlevé la couche toujours très mince de terre végétale qui recouvre le sol, nous pénétrons plus avant, nous trouvons d'abord un terrain formé de couches ou d'amas peu réguliers de sables, de limons argileux, de cailloux roulés, de tufs calcaires et de débris organiques. La composition de ces matériaux, leur disposition, leur emplacement sur les bords des fleuves, des lacs ou de la mer, tout annonce une formation récente due aux déplacements torrentiels que les eaux ont éprouvés depuis que la terre est devenue habitable. Ces terrains, arrachés aux flancs des montagnes, ont été évidemment charriés par les eaux, et déposés pêle-mêle avec les paillettes d'or et de platine, les diamants, les coquilles et les ossements fossiles qu'on y trouve, dans les vallées où ils présentent quelquefois une épaisseur de plus de 200 mètres. *Ce sont les terrains d'alluvions*. Dans cette classification l'on comprend aussi les tourbières, quoique leur origine ne provienne d'aucun charriage et soit au contraire une excroissance pour ainsi dire journalière du sol, et dont l'étendue et la puissance donnent lieu à des exploitations importantes.

Sous ces terrains de transport nous rencontrons une grande formation, désignée sous le nom de terrain tertiaire. Cet étage géologique se reconnaît à des caractères bien tranchés, à la stratification régulière de ses couches disposées en bassins ou en lits,

à la composition des terrains d'origine lacustre ou marine, enfin aux débris fossiles qu'ils renferment. Voici, en prenant le bassin de Paris pour exemple, comment se succèdent les différentes couches qui composent ce terrain, sauf les lacunes partielles que présentent les unes ou les autres en différents points. A la surface on trouve d'abord un dépôt de terre argileuse, d'un brun verdâtre, contenant du sable, du silex et des pierres meulières; puis des bancs où le calcaire d'eau douce domine de plus en plus et dont l'épaisseur variable s'élève quelquefois à près de cent mètres; sous cette masse pierreuse, il s'en présente une autre de quarante ou cinquante mètres, qui repose elle-même sur de grands bancs de grès généralement peu puissants. En creusant toujours, on rencontre, après avoir traversé un grand dépôt de marnes, une formation bien caractérisée, et présentant une épaisseur de quinze à trente mètres au plus, c'est le gypse. Au-dessus s'étendent des bancs de calcaire lacustre et des argiles marneuses coupées par des plaquettes de ce calcaire. Après ces marnes l'on arrive au calcaire grossier, dont les fossiles appartiennent à l'eau marine, et dont l'ensemble peut avoir de quinze à trente mètres de puissance, et se termine souvent par des sables chlorités, qui contiennent des eaux jaillissantes abondantes. Une couche plus ou moins épaisse d'argile et de lignites; puis enfin l'argile plastique, souvent divisée par des bancs de sables quarzeux, et posée sur la craie, forme la base des terrains tertiaires. C'est dans ces couches que la plupart des fontaines artésiennes du bassin de Paris ont été obtenues.

Après avoir percé cette série de couches provenant évidemment de la dissolution des terrains de date antérieure, on entre dans une formation également stratifiée; mais dont les couches, caractérisées par des fossiles plus anciens, affectent d'autres allures, se continuent sur de larges surfaces, et ne se redressent qu'après avoir circonscrit des bassins d'une grande étendue. C'est d'abord la craie fendillée en tous sens, blanche et grise à sa partie supérieure, et passant ensuite au vert et aux grès et sables verts de

la glauconie; puis, au-dessous, au calcaire à astartes, au corarag, à l'oxfort-clay, au calcaire portland, à la grande oolite, l'oolite inférieure, et aux différentes variétés de calcaire jurassique, traversé par d'immenses cavernes, et reposant souvent sur les marnes du lias, sur le calcaire ferrugineux, le calcaire sableux, ou le lias inférieur et quelquefois sur les marnes irrisées qui, dans nos départements de l'est, renferment de grands gisements de gypse et de sel gemme. Par fois un grand nombre de formations de l'étage secondaire manquent, et la craie, comme en Belgique, repose directement sur les grès et schistes houillers, et même sur les terrains de transition. Telles sont, en résumé, les trois grandes formations qui constituent les terrains secondaires.

Sous ces puissantes couches qui sont encore l'œuvre des eaux, on rencontre un terrain d'espèce nouvelle, portant les traces visibles du feu qui lui a donné naissance. Ce sont des masses compactes, vitreuses, cristallines, d'une composition uniforme et bien définie, n'offrant au lieu de la stratification observée plus haut qu'un bloc solide, à peine traversé par des fissures irrégulières et recouvert seulement à sa surface par des feuillets que les eaux ont détachés pour former un terrain *intermédiaire* ou de *transition*. Nous sommes parvenus à la solide carcasse du globe, à cette formation la plus ancienne de toutes que l'on appelle le terrain primitif, et connue sous les noms de granit, de gneiss, de porphyre, de calcaire, de gypse ou de schistes primitifs.

Voilà, en y comprenant ces épanchements éruptifs que le feu central a lancés çà et là sous la forme de filons, d'amas et de laves à travers les terrains sédimentaires, voilà, disons-nous, la disposition générale de ces couches qui, en se modelant sur les formes concaves ou convexes des bassins terrestres, y forment comme autant de cuvettes emboîtées, entre lesquelles s'étendent les nappes d'eaux souterraines. Mais comment, par quelle force, suivant quelles lois, les eaux descendues dans les profondeurs du sol surgissent-elles plus loin à la surface? C'est là ce qui nous reste à dire en peu de mots.

La solution du problème du jaillissement des eaux repose tout entière sur le principe, aussi simple que fécond, qui sert de base à l'hydrostatique.

La distinction si naturelle, établie entre les corps solides et les corps fluides correspond en mécanique à une différence bien tranchée dans la manière dont les uns et les autres se comportent sous l'action des forces. Dans les premiers, les molécules, attachées ensemble et groupées d'une manière fixe, se meuvent parallèlement sous l'impulsion des forces extérieures; dans les seconds, au contraire, les molécules indépendantes et libres de glisser les unes contre les autres, se refoulent, développent des poussées latérales et transmettent dans toutes les directions la pression appliquée en un point de leur surface. Frappez par exemple une masse de métal sur une enclume, les coups de marteau assénés verticalement se transmettront verticalement au support, sans exercer une poussée sensible sur les corps placés à côté du lingot ou sur sa face supérieure. Essayez, au contraire, d'enfoncer un bouchon dans le col d'un flacon plein d'un liquide, est-ce sur le fond du vase seulement que se transmettra l'effort vertical imprimé au liquide? Nullement; la surface entière du vase subira la pression, et le liquide, réagissant en tous sens, tendra à jaillir dans toutes les directions, sur toutes les faces à la fois, par côté, de bas en haut, aussi bien que dans le sens où le bouchon s'avance.

Ce qu'une force extérieure produit dans toute la masse d'un liquide, la pesanteur de ce liquide même le produit avec une intensité croissante dans les couches de plus en plus profondes qui composent sa masse; de sorte que celles-ci, pressées par celles qu'elles supportent, reçoivent de cet effort vertical une poussée en tous sens qui les fait jaillir par toutes les issues, et remonter à la hauteur même du niveau supérieur. De-là des phénomènes extrêmement variés, et dont la parfaite simplicité, dissimulée sous des apparences paradoxales, a échappé aux anciens

et a vivement surpris l'esprit des modernes, lorsque Pascal, dans cette immortelle brochure qui porte pour titre : *Traité de l'équilibre des liqueurs*, la dégagea de ses voiles, et posa sur ses véritables bases la théorie complète de l'hydrostatique.

Parmi les expériences invoquées par Pascal, il en existe une qui résume tous les phénomènes statiques et dynamiques dont nous avons à nous occuper ici : concevez des vases en nombre quelconque et des formes les plus diverses plongeant dans un réservoir qui les fait tous communiquer par le fond ; si dans un ou plusieurs de ces vases vous versez une certaine quantité de liquide, ce liquide remonte dans les autres vases, et ne s'arrête que lorsqu'il a atteint dans tous le même niveau. L'équilibre ainsi établi peut être rompu de deux manières, soit en versant dans un de ces vases une nouvelle quantité de liquide, soit en coupant l'un d'eux de telle sorte que son orifice soit inférieure au niveau commun. Dans le premier cas le liquide surajouté descend et se distribue dans tout l'appareil, dans le second cas le liquide jaillit par l'orifice inférieur, et la diminution qui en résulte dans la masse totale se répartit aussi sur l'ensemble des vases. Que la masse liquide, alimentée par un réservoir supérieur, soit très considérable par rapport à la quantité qui entre dans le premier tube et qui sort par le second, le niveau ainsi établi se maintiendra sans modifier sensiblement le niveau général, et le premier tube, buvant toujours ce qu'on y verse, fonctionnera comme un puits absorbant, tandis que le second, continuant à couler, représentera une fontaine jaillissante.

Des appareils de ce genre ont été construits par la nature dans l'épaisseur des terrains stratifiés; toute couche perméable qui, après avoir affleuré sur le bord supérieur d'un bassin géologique, s'enfonce sous des couches imperméables, fait l'office du réservoir dont nous parlions tout à l'heure, et les points d'affleurement de cette couche, ainsi que les puits naturels ou artificiels qui la mettent en rapport avec la surface du bassin, sont autant de vases

communiquants dont la bouche absorbe ou lance les eaux intérieures, selon qu'elle s'ouvre au-dessus ou au-dessous du niveau qu'affecte le liquide.

Ainsi se trouve complétée cette grande théorie qui, après avoir reconnu dans l'évaporation atmosphérique le mode d'alimentation des eaux douces, a découvert dans les formes caractéristiques de l'écorce terrestre les récipients où elles sont versées, et voit dans la pesanteur la force qui les distribue.

L'explication complète de tous les phénomènes hydrauliques que nous offre la nature, la réalisation assurée de ceux que l'art se propose de produire, telles sont les deux conséquences pratiques de cette théorie. Rassemblons ici quelques exemples des principaux phénomènes que l'observation des géographes a recueillis.

A commencer par les sources qui surgissent à la surface des continents, deux fontaines célèbres, celle de Vaucluse et celle de Nîmes, ont occupé à juste titre l'attention des hydrographes. A sa sortie des rochers souterrains qui lui ont donné passage, la fontaine de Vaucluse forme le cours d'eau de la Sorgue, qui est une véritable rivière. Quand elle est le moins abondante, elle fournit encore 444 mètres cubes d'eau par minute. A l'époque des plus fortes crues ce produit est triplé et s'élève à 1330 mètres cubes. Dans son état moyen, l'observation donne 890 mètres cubes par minute, près de 1,300 mille mètres cubes par jour, et 468 millions de mètres cubes en une année. Ce dernier nombre est à peu près égal à la quantité totale de pluie qui, dans cette région de la France, tombe chaque année sur une étendue de 480 kilomètres carrés. D'où vient ce puissant cours d'eau souterrain? Est-ce du lit de la Durance, comme l'ont supposé plusieurs ingénieurs? C'est ce qu'il reste encore à décider; mais l'influence des eaux pluviales sur le débit de la source est attestée par la crue subite et le trouble que ces eaux éprouvent après les grandes averses. La même influence se fait sentir d'une manière encore plus frappante sur la fontaine

de Nîmes. Dans les grandes sécheresses le produit de cette source se réduit quelquefois à 1,330 litres par minute; mais qu'il pleuve fortement dans le nord-ouest de la ville, jusqu'à 10 ou 12 kilomètres de distance, et presque aussitôt une crue se manifeste et porte à 10,000 litres le débit de la fontaine.

Dans les départements de la Côte-d'Or et de la Haute-Saône des sources énormes sourdent des fissures du calcaire jurassique, font marcher des usines, et, suivant les pluies qui tombent dans le pays haut, forment des bouillons de plusieurs mètres carrés, dont le débit est de plus de 500 mètres cubes par minute. Dans les années de grandes sécheresses, des rivières importantes sont, après un parcours plus on moins long, entièrement absorbées dans les fissures du calcaire jurassique, et ne reparaissent, à quelques kilomètres de distance, que sous la forme d'une multitude de petites sources.

Dans le département des Deux-Sèvres, près de l'ancienne abbaye de Bonneuille, un petit étang de 50 ares superficiels déborde chaque année, et couvre, sur une largeur de plus d'un kilomètre, toute la vallée qui s'étend jusqu'à Couhé. Après quelques jours, cette quantité d'eau de plusieurs millions de mètres cubes est absorbée dans des trous de 1 ou 2 décimètres. Mais alors on recueille une quantité considérable de poissons, et notamment d'anguilles et de brochets. L'ancienne abbaye dont dépend le Brimbaro (c'est le nom du gouffre) affermait cette pêche 2,400 francs par an, outre sa réserve.

Si, dans un grand nombre de cas, on peut constater que les eaux pluviales reçues sur une vaste étendue de pays, se sont rassemblées pour former des rivières souterraines, on voit aussi, bien souvent, des rivières qui, après avoir coulé à ciel ouvert, pénètrent dans le sol en s'engouffrant dans des puisards naturels, ou en s'infiltrant peu à peu dans des terrains perméables.

Ce phénomène avait vivement frappé les anciens; Sénèque le décrit dans ses *Questions naturelles*, et Pline cite parmi les ri-

vières qui disparaissaient sous terre l'Alphée, le Tigre, le Nil, le Timavus, etc. Il n'y a pas de pays où cette circonstance ne se présente. En Espagne, le Guadiana se perd dans un pays plat, au milieu d'une immense prairie. En France, le Rhône disparaît un moment dans les cavernes du Jura; la Meuse disparaît à Bazoilles et reparaît à Noncourt, après un trajet souterrain de près d'un myriamètre. La Drôme se perd complétement au milieu d'une prairie dans un trou de 10 à 12 mètres de diamètre, connu des habitants sous le nom de fosse de Soucy, mais elle n'y arrive qu'après s'être beaucoup affaiblie, en passant sur un certain nombre de gouffres qui *boivent* ses eaux, suivant l'expression locale. La Normandie compte encore plusieurs rivières, la Rille, l'Iton et l'Aure, qui disparaissent de la même manière. Il y a de distance en distance, dans le lit de ces rivières, des trous nommés *bétoirs*, qui absorbent les eaux. L'Aros nous offre encore le spectacle d'une rivière qui passe sous une des montagnes de la chaîne des Pyrénées et reparaît de l'autre côté; mais que sont ces divers exemples auprès de celui que présente la magnifique *Rock-Bridge*, en Virginie, cette voûte naturelle sous laquelle plonge, à 90 mètres de profondeur, un ravin où s'engloutit le *Ceder-Creek*.

Au milieu de ce réseau de courants qui composent notre hydrographie souterraine, on doit s'attendre à voir figurer de vastes réservoirs enfermés dans les cavernes intérieures; on connaît, en effet, dans diverses contrées, des lacs souterrains plus ou moins étendus, et qui sont sujets quelquefois à déborder en faisant remonter leurs eaux jusqu'à la surface de la terre. Les eaux du Céphissus, en Béotie, se perdent dans des marais tourbeux, qui occupent la place assignée par Strabon à l'ancien lac Copaïc. Le lac de *l'Oat-Frise*, qui existait dans le douzième siècle, est aujourd'hui recouvert par une croûte limoneuse qui s'est peu à peu convertie en terre végétale; lorsqu'on perce cette voûte, on retrouve au dessous l'ancien lac. Dans le territoire de Livière, près

Narbonne, on voit cinq gouffres nommés *OEliols*, d'une profondeur énorme, et qui communiquent avec une grande nappe d'eau très poissonneuse. La terre tremble sous les pas des paysans que la pêche y attire. Dans les pays dont le sol recèle du sel gemme et des sources salées, on voit quelquefois se produire de grands effondrements de terrains sur des cavités remplies d'eau. En 1792, un lac se forma subitement dans un faubourg de la ville de Lons-le-Saulnier; plusieurs maisons s'y abîmèrent, ainsi qu'une partie de la route de Lyon à Strasbourg, et l'affaissement du sol découvrit un lac souterrain dont l'existence était ignorée.

Enfin Buffon rapporte qu'une montagne càlcaire des Pyrénées s'abîma en 1678, et qu'un lac qu'elle recélait dans ses cavités, causa une forte inondation dans une partie de la Gascogne.

Les relations si remarquables qu'on observe entre les lacs et les rivières qui existent à la surface du sol, se représentent avec des caractères particuliers dans les cavités souterraines, et rendent raison de plusieurs singularités hydrauliques qu'on a longtemps considérées comme des anomalies inexplicables. Les sèches du lac de Genève nous offrent un phénomène de ce genre : à certaines époques de l'année le niveau de l'eau s'élève brusquement de près d'un mètre, sans que les cours d'eau affluents aient subi une crue sensible; puis, au bout de quelques heures, le lac s'affaisse avec la même rapidité, et reprend son niveau. On ne peut douter que l'immense quantité d'eau qui produit ce brusque et éphémère exhaussement du lac n'y ait été amenée par des conduits souterrains, qui communiquent du fond avec de vastes réservoirs creusés sous les montagnes voisines; mais quelle est la cause qui, après avoir ainsi brusquement projeté cette masse d'eau souterraine dans le lac, l'en retire tout à coup? Voilà ce qu'il paraît très difficile de décider. Un de nos ingénieurs, M. Vallée, a proposé une explication très satisfaisante : il suppose que les réservoirs souterrains qui communiquent avec le lac sont mis d'un autre côté en rapport avec les glaciers alpestres, par des

fissures ou de longs couloirs verticaux creusés dans les montagnes. Au moment de la fonte des neiges, de grandes masses d'eau, des avalanches, des quartiers de glace tombent dans ces galeries poussent devant eux l'air qui y est contenu et le précipitent dans les réservoirs inférieurs. Cet air, ainsi comprimé au-dessus de l'eau souterraine, l'entraîne brusquement dans le lac dont le niveau s'élève soudain. Cette première période ressemblerait exactement, comme on voit, à ce qui se passe dans la fontaine de Héron, et dans la machine à colonne d'eau employée pour l'épuisement des mines. Quant au reste, il est maintenant facile de s'en rendre compte. L'avalanche, engagée dans les couloirs, s'écoule bientôt et rend le passage libre à l'air intérieur, qui s'échappe aussitôt dans l'atmosphère et permet à l'eau du lac de reprendre son niveau, en se déchargeant dans les cavernes d'où elle avait été chassée d'abord.

Cette ingénieuse hypothèse est confirmée par plusieurs phénomènes, parmi lesquels nous citerons celui que présente le lac *Zirknitz en Carniole*, en empruntant ces détails à la notice scientifique de M. Arago[1]. « Ce lac a environ 8 kilomètres de long sur 4 kilomètres de large. Vers le milieu de l'été, si la saison est sèche, son niveau baisse rapidement, et en peu de semaines il est complétement à sec. Alors on aperçoit distinctement les ouvertures par lesquelles les eaux se sont retirées sous le sol, ici verticalement, ailleurs dans une direction latérale vers les cavernes dont se trouvent criblées les montagnes environnantes. Immédiatement après la retraite des eaux, toute l'étendue des terrains qu'elles couvraient est mise en culture, et au bout d'une couple de mois, les habitants du pays fauchent du foin ou moissonnent du seigle, là où quelque temps auparavant ils pêchaient des tanches et des brochets. Vers la fin de l'automne, après les pluies de cette saison, les eaux reviennent par ces mêmes canaux qui leur avaient

[1] Annuaire du Bureau des longitudes, 1835.

ouvert un passage au moment de leur disparition. On a remarqué parmi ces diverses ouvertures du sol des différences singulières ; les unes fournissent seulement de l'eau, d'autres donnent passage à l'eau et à des poissons ; il en est enfin d'une troisième espèce par lesquels il sort d'abord quelques canards du lac souterrain. Ces canards, au moment où le flux liquide les fait pour ainsi dire jaillir à la surface de la terre, nagent bien. Ils sont complétement aveugles et presque entièrement nus. La faculté de voir leur vient en peu de temps, mais ce n'est guère qu'au bout de deux ou trois semaines que leurs plumes ont assez poussé pour qu'ils puissent s'envoler. Valvasor visita le lac de Zirknitz en 1687 ; il y prit lui-même un grand nombre de ces canards, et vit les paysans pêcher des anguilles qui pesaient 2 ou 3 livres, des tanches de 6 à 7 livres, enfin des brochets de 20, de 30 et même de 40 livres. » Nous avons ici, comme on voit, non seulement une immense nappe d'eau souterraine, mais un lac véritable avec les poissons et les canards qui peuplent les lacs de la surface, et ce que nous avons cité plus haut de ce que nous avions nous-mêmes remarqué dans le département des Deux-Sèvres, est confirmé par le savant secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Il serait d'ailleurs facile de multiplier les exemples de ce genre. Il existe près de Sablé (Sarthe), un gouffre de 6 à 8 mètres de diamètre, dont on n'a pu déterminer la profondeur. Ce gouffre, connu dans le pays sous le nom de *fontaine sans fond*, déborde quelquefois ; il en sort alors une quantité prodigieuse de poissons, et surtout de brochets truités d'une espèce particulière. Le puits du village de Frotté, près de Vesoul, est aussi un entonnoir naturel, remarquable par ses débordements qui inondent la campagne et laissent, en se retirant, des brochets au milieu des prairies. *Le puits d'Ornans*, *le puits noir* et *le puits blanc*, près des ruines de l'ancienne ville d'Antre, dans le Jura, sont encore des espèces de gouffres très profonds, par lesquels l'eau sort par torrents après les grandes pluies et les fontes de neige.

Les grands mouvements d'eau souterraine, dont nous venons de citer des exemples, ne laissent aucun doute sur le mode d'alimentation des fontaines, dont le bassin s'ouvre, soit au milieu d'immenses plaines, comme celles de l'Artois, soit au milieu de montagnes très élevées; il suffit alors de concevoir que le courant souterrain, qui surgit dans ces plaines ou sur ces montagnes, a son point de départ à 80, 120, et même 400 kilomètres de distance, sur une hauteur dont le niveau dépasse celui de la source. Rien n'empêche d'admettre que les eaux qui surgissent dans une île de l'Océan ne soient entretenues par des courants venus du continent, en circulant sous le fond de la mer. Cette circonstance doit même se présenter souvent, puisque l'on connaît des sources d'eau douce qui s'ouvrent en pleine mer et jaillissent du fond jusqu'à la surface de l'Océan. Il y a une source de cette espèce dans le port de la Ciotat.

M. de Humboldt rapporte que, sur la côte méridionale de Cuba, dans la baie de Xagna, à deux ou trois milles de terre, des sources d'eau douce jaillissent avec tant de force du milieu de la mer, que les petites barques n'en approchent pas sans danger. Une des plus belles sources d'eau jaillissante dans la mer est celle du golfe de la Spezzia, décrite par Spallanzani. Cette source, éloignée de 50 mètres de la terre, forme à la surface de la mer un mamelon de 25 mètres de diamètre, sur 3 ou 4 décimètres de hauteur au point central. Elle est composée d'un grand nombre de jets verticaux, très distincts quand la mer est calme. Ces jets ont une telle impétuosité qu'il est difficile à un bateau de s'arrêter au centre du mamelon. La profondeur de l'entonnoir d'où ils sortent est de 14 à 15 mètres. Lorsque j'ai visité la petite principauté de Monaco, j'ai vu, au cap Martin, puiser de l'eau douce au milieu de la mer; le bouillon, s'élevant verticalement, avait près d'un mètre de diamètre; l'eau était d'excellente qualité, et provenait des fissures existant dans les formations de poudingue, sur lesquelles est tracée la route de la Corniche. Citons

encore l'observation faite, il y a peu d'années, par des officiers anglais, qui trouvèrent par un calme plat, dans les mers de l'Inde, une abondante source d'eau douce, éloignée d'environ 150 kilomètres du point de la côte la plus voisine.

Cette relation souterraine entre l'eau douce et l'eau marine explique comment le flux et le reflux de la mer font sentir leur influence sur le niveau et sur la dépense de certaines fontaines placées à quelque distance des côtes. On a reconnu par exemple que la fontaine jaillissante de Noyelle-sur-Mer, et toutes celles qui ont été forées dans les environs d'Abbeville montent et baissent avec la marée. A Fulham, près de la Tamise, dans une propriété de l'évêque de Londres, une fontaine forée à 97 mètres de profondeur donne 363 ou 273 litres par minute suivant que la marée est haute ou basse. Ce phénomène a son explication dans un principe général de l'hydrodynamique, et nous ne pouvons mieux faire que de reproduire textuellement la théorie qu'en a donnée M. Arago :

« Si l'on pratique, dans la paroi d'un vase de forme quelconque rempli de liquide, une ouverture dont les dimensions comparées à celle du vase soit très petite, l'écoulement qui s'opérera par cette ouverture n'altérera pas sensiblement l'état initial des pressions; deux, trois, dix ouvertures, pourvu qu'en somme elles satisfassent toujours à la condition d'être très petites, laisseront, de même, les pressions exercées sur chaque point du vase un peu éloigné de ces ouvertures, ce qu'elles étaient dans l'état d'équilibre, ce qu'elles étaient quand le liquide n'avait aucun mouvement. »

Supposez maintenant l'ouverture ou les ouvertures un peu grandes ; tout sera changé et les dimensions qu'on leur donnera régleront les pressions en chaque point ; et si l'une des ouvertures diminue de grandeur, la vitesse d'écoulement augmentera aussitôt dans les autres.

Admettons que la rivière souterraine où s'alimente une fontaine artésienne se décharge partiellement dans la mer ou dans

un fleuve sujet au flux et au reflux, et cela par une ouverture un peu grande, comparée à ses propres dimensions ; si cette ouverture diminuait, la pression, comme nous venons de le dire, s'accroîtrait aussitôt dans tous les points des canaux naturels ou artificiels, que les eaux de la rivière remplissent; l'écoulement de la fontaine deviendrait donc plus rapide, ou bien le niveau de l'eau s'élèverait dans les buses. Or, amener la haute mer sur l'ouverture par laquelle une rivière souterraine se décharge, c'est diminuer, par une augmentation de la pression extérieure, la quantité d'eau de cette rivière qui pourra s'écouler dans un temps donné. L'effet est précisément celui qu'une diminution d'ouverture eût produit; ainsi la conséquence doit être la même : le flux et le reflux de la mer détermineront donc un flux et un reflux correspondant dans les fontaines placées dans le voisinage des côtes : il se fait même sentir à de grandes distances. Ayant rendu compte à M. Arago des variations du puits artésien que j'avais exécuté à l'Hôpital militaire de Lille pour le compte du ministre de la guerre, l'Académie des sciences chargea le capitaine du génie Bailly de bien constater les intermittences d'augmentation et de variation, et un chronomètre réglé à Dunkerque et à Lille établit, après plus d'un mois d'observations minutieuses et mille fois répétées, les concordances du puits et de la marée; les eaux jaillissantes provenaient de fissures dans le calcaire carbonifère. Le puits a 120 mètres de profondeur et la surface du sol n'est qu'à 28 mètres au dessus de la mer.

On rencontre dans l'intérieur des continents un grand nombre de fontaines qui présentent dans leur écoulement des alternatives de crue et de décroissance beaucoup plus remarquables que celles que nous venons de signaler. Les unes dites *intermittentes* sont celles dont l'écoulement cesse et reparaît à différentes reprises en un certain temps. Les autres dites *intercalaires*, sont celles dont l'écoulement, sans cesser tout à fait, présente des périodes d'augmentation et de diminution qui se succèdent dans un temps plus

ou moins considérable. Enfin plusieurs fontaines subissent dans leur cours des modifications qui les font passer de l'uniformité à l'intermittence, de l'intermittence à l'intercalation, et revenir ensuite à l'uniformité par des nuances aussi marquées.

Ces phénomènes singuliers étaient faits pour attirer l'attention des anciens ; et tandis que Héron d'Alexandrie et Pline le naturaliste en ébauchaient la théorie avec une remarquable sagacité, la curiosité populaire s'en emparait pour y rattacher des idées superstitieuses. Aussi Pline nous dit-il que les Cantabres tiraient des augures de l'état où ils trouvaient les sources du Tanariscus. Le père Dechalles rapporte que l'on croit en Savoie que la fontaine de *Haute-Combe* ne coule point en présence de certaines personnes ; et M. Atwell a trouvé les mêmes idées parmi les habitants de Brixam au sujet de la source périodique de *Lauryell.* Schenchzer assure, de même, que les habitants du mont Eng-Shen tiennent pour certain, que la fontaine périodique qui y prend sa source cesse de couler lorsqu'on y lave quelque chose de sale, et ce voyageur, après avoir combattu cette opinion populaire, finit par paraître ébranlé par le témoignage constant des habitants qu'il a consultés. Enfin une autre espèce de propriété qu'on a le plus constamment attribuée aux fontaines est celle de prédire l'abondance ou la stérilité. Jean Fabvre, médecin de Castelnaudary, prétend que les habitants de Belesta en Languedoc pouvaient juger des années par le cours de Fontestorbes, et l'on pourrait peut-être essayer d'appuyer cette affirmation sur quelques raisons plausibles, si Fabvre n'ajoutait que le cours uniforme de cette fontaine, pendant les années 1624 et 1625, annonçait la conversion des réformés.

Quoi qu'il en soit, voici quelques exemples de fontaines périodiques : la source de Fontestorbes, dont nous venons de parler, est intermittente pendant la sécheresse, depuis juin jusqu'en septembre. Le temps de son intermittence est ordinairement de 32 minutes et demie et l'écoulement dure 36 ou 37 minutes.

Cette seconde période s'allonge lorsque la saison est pluvieuse. Avant que l'eau commence à couler dans le bassin extérieur de la fontaine, on entend un bruit sourd qui précède l'écoulement d'environ 12 minutes.

Pline parle d'une fontaine qui était à Dodone, dont l'écoulement cessait tous les jours à midi et reparaissait avec abondance à minuit. Il rapporte aussi que, dans l'île de Ténédos, une fontaine débordait tous les jours après le solstice d'été depuis neuf heures du soir jusqu'à minuit. Suivant lui, trois des sources du Tanariscus sont à sec pendant douze, ou même vingt jours, tandis qu'une autre coule près de là avec abondance et sans interruption. Josèphe rapporte qu'en Syrie, entre la ville d'Arc et Raphanées, une rivière appelée *Sabbatique* était à sec pendant six jours et coulait le septième. Brynolphe Suénon dit avoir vu en Islande, près de Skalholt, une fontaine périodique d'eau chaude qui coule en bouillonnant pendant une heure et laisse son bassin à sec pendant 23 heures. Childrey fait mention, dans son traité des *Curiosités d'Angleterre*, de plusieurs fontaines intermittentes, et il en place une près de Buxton, dans la province de Derby, qui coule de quart d'heure en quart d'heure. La source de Lawyell, en Devonshire, est intercalaire composée. Il y a un courant d'eau qui se décharge continuellement dans le bassin principal, et lorsque l'accès s'y fait sentir, de petites sources voisines éprouvent un écoulement qui dure autant que l'accès; on remarque dans ces instants, à différentes reprises, une augmentation et une diminution considérables dans le bassin. Ces flux et ces repos intercalaires se répètent seize fois en une demi-heure; mais sur la fin de l'accès le flux produit moins d'eau et dure moins qu'au commencement. Ces révolutions périodiques éprouvent d'ailleurs des variations qui dépendent de la pluie ou de la sécheresse. Près de Paterborn, en Westphalie, une fontaine appelée *Bolder-Born*, c'est-à-dire *bruyante*, coule et est à sec deux fois par jour : ses accès s'annoncent par un grand bruit. Dans le royaume de Cache-

mire, on voit une fontaine, qui, pendant la fonte des neiges du mois de mai, coule et s'arrête régulièrement trois fois en 24 heures : son écoulement est ordinairement de trois quarts d'heure et son produit très abondant. Après les 15 premiers jours, son cours diminue et devient moins régulier, elle tarit enfin et est à sec le reste de l'année.

Près de La Rochelle, M. Floriau de Bellevue, correspondant de l'Académie des sciences, a fait exécuter un forage de 174^m,53; il m'appela pour le tuber, afin de garantir son forage des eaux de mer; le tubage terminé, je conseillai la continuation du forage, et il m'écrivit peu de temps après une lettre que je transcris entièrement, et que l'on trouvera au chapitre traitant des différentes applications de la sonde, dans lequel je me suis plus étendu sur certains points que je ne pouvais le faire dans ce précis.

Prés du lac de Côme est une fontaine que Pline a décrite le premier et qui hausse et baisse trois fois le jour. La fontaine des *Merveilles*, près du lac Bourget, coule et tarit deux fois par heure; son débit est assez considérable pour faire tourner un moulin. Piganiol de la Force parle dans sa *Description de la France* d'une fontaine périodique, située sur le chemin de Touillon à Pontarlier, en Franche-Comté. Quand le flux va commencer, on entend un bouillonnement et l'eau sort aussitôt de trois côtés en formant plusieurs jets qui s'élèvent peu à peu jusqu'à la hauteur d'un pied, et diminuent ensuite dans le même temps qu'ils ont mis à s'élever. Tout ce jeu dure environ un quart d'heure : le temps de l'intermission est de deux minutes. On trouve près de Colmars, en Provence, une fontaine qui coule huit fois dans une heure et qui s'arrête autant de fois. Gassendi assure que sa période est assez constante pendant tout le cours de l'année. La source de Fonsanche, en Languedoc, coule deux fois dans 24 heures, pendant 7 heures 25 minutes, et ces deux périodes sont séparées par un intervalle de 5 heures, les écoulements et les intermissions

retardent environ de 50 minutes par jour, par rapport aux mêmes effets du jour précédent.

Tous ces phénomènes et ceux dont nous pourrions encore grossir cette liste, quelque bizarre qu'ils paraissent au premier abord, ne sont que des effets de quelques combinaisons fort simples de réservoir et de siphon, qu'affectent naturellement les couches géologiques, et que les physiciens reproduisent dans les jeux hydrauliques de leurs laboratoires. Pour réaliser, par exemple, un écoulement intermittent, il suffit d'adopter la disposition suivante. Prenez un vase alimenté par un courant d'eau continu, et placez dans ce vase un siphon dont la petite branche y plonge à une certaine profondeur, tandis que la plus longue sort du vase par un trou pratiqué dans une de ses parois, en ayant soin que la courbure du siphon ne monte pas aussi haut que les bords du vase : tant que l'eau affluente n'a pas atteint la hauteur de la courbure du siphon, le réservoir se remplit sans se vider; mais dès que l'eau qui s'accumule a rempli la petite branche du siphon, elle tombe par son propre poids dans la grande, le siphon est amorcé et commence à débiter du liquide. Si le diamètre de ce tube est assez grand pour que la quantité d'eau qu'il verse au dehors surpasse celle du courant qui l'alimente, le réservoir se vide peu à peu, et le niveau de l'eau qu'il contient finit par descendre au-dessous de l'ouverture du siphon; celui-ci ne plongeant plus dans le liquide, se vide, et cesse de couler. A partir de ce moment, le réservoir se remplit de nouveau jusqu'à ce que le siphon soit encore une fois amorcé et recommence à couler, présentant ainsi cette succession de phénomènes qui caractérisent les fontaines intermittentes. Rien de plus simple que ce mécanisme, et il est très vraisemblable qu'une telle disposition se présente dans l'intérieur du sol : il suffit de concevoir une de ces larges cuvettes formées par les couches imperméables dans la concavité d'un bassin, et d'admettre qu'en un point de ce réservoir, continuellement alimenté par les eaux pluviales, la direction des couches ait été changée par

un éboulement, qui les ait fait communiquer comme par un siphon avec des cavités inférieures communiquant elles-mêmes avec le bassin d'une fontaine. Pour peu que les dimensions des orifices d'admission et de sortie satisfassent aux conditions énoncées plus haut, la source ainsi alimentée présentera tous les caractères d'une fontaine intermittente.

Après avoir tracé ce tableau des principaux phénomènes hydrauliques que nous offre la nature, il convient de parler de ceux que l'art sait produire en pratiquant, à l'aide de la sonde, des ouvertures à travers les couches où circulent les eaux. Énoncé dans ses termes les plus généraux, l'effet d'un sondage consiste à mettre en rapport des couches appartenant aux divers étages géologiques. Suivant que les eaux retenues dans les terrains inférieurs ont une pression plus forte ou plus faible que les eaux supérieures, elles remontent ou descendent, et donnent naissance à une fontaine jaillissante ou à un puits absorbant. Pour prévoir avec assurance lequel de ces deux effets inverses devra se produire, il suffit de déterminer par une exploration, ordinairement assez facile, l'inclinaison, l'allure et la disposition générale des terrains dans le bassin où l'on opère. Une série de coups de sonde aura bientôt fait reconnaître par la comparaison des hauteurs de chaque couche en ses différents points, dans quel sens elles s'inclinent, ou quel est, comme on dit, leur *pendage*. Ce premier renseignement indique la direction dans laquelle on doit marcher pour trouver, sur les hauteurs qui enceignent le bassin, les points d'affleurement de ses différentes couches; la hauteur relative de ces points donne précisément la pression hydraulique dans les couches correspondantes. Ajoutons qu'on a soin de reconnaître par une inspection du pays, si, entre ces points d'affleurement qui donnent entrée aux eaux, et le lieu du sondage, le sol ne présente aucune fissure importante, aucune dislocation qui, en rompant la continuité des couches, donnerait issue aux eaux souterraines. Remarquons encore qu'en calculant la pression hydrau-

lique des nappes ascendantes, d'après la hauteur du point d'où elles descendent, on doit tenir compte de la distance horizontale de ce point au lieu du sondage, et réduire la force ascensionnelle, à raison des pertes de vitesse dues au frottement des eaux, dans les longues galeries qu'elles ont eu à parcourir. Il faut tenir compte également de la distance du point où les eaux infiltrées souterrainement reparaissent à la surface du sol, soit par une grande échancrure des formations supérieures, soit par le relèvement des formations inférieures. Les coupes des vallées de la Seine et de la Marne, que nous décrirons dans le cours de l'ouvrage, sont des spécimens complets. Faisons enfin observer que cet examen des lieux, indispensable dans un pays nouveau, devient beaucoup plus facile et souvent tout à fait superflu dans les localités où des sondages déjà exécutés fournissent à l'avance des renseignements complets et décisifs.

Les terrains d'alluvion, en raison de leur épaisseur souvent très faible et de leur stratification imparfaite, semblent présenter peu de ressources à l'art du sondeur. Cependant il est des points où cette formation atteint une grande puissance et où les couches d'argiles, de sables et de graviers affectent dans leurs alternances assez de régularité. Dans ces circonstances, les sondages doivent être tentés et ils ont souvent donné de bons résultats; mais on peut s'attendre à recueillir parfois des eaux chargées de sels calcaires qu'elles ont dissouts dans leur passage ; c'est ce qui est arrivé souvent en Afrique dans le creusement des puits ordinaires.

Les terrains tertiaires offrent déjà des bassins plus étendus, des couches mieux déterminées et des eaux plus pures; mais c'est dans les terrains secondaires que les phénomènes, dont l'art du sondeur tire parti, se présentent sur une plus vaste échelle, à raison de la grande épaisseur des couches, de leurs alternances de moins en moins fréquentes, de leur continuité qui s'étend sur des cirques immenses, et aussi de la force des cours d'eau inférieurs ; toutes ces causes rendent les sources naturelles de terrains secon-

daires plus rares et plus abondantes, et assurent aussi le succès de l'opération, qui consiste à les rechercher à de grandes profondeurs.

Les forages y sont plus profonds et par conséquent plus coûteux que dans les formations précédentes, mais le résultat est plus probable. Nous entrerons dans des détails appuyés de coupes géologiques dans le chapitre traitant des différentes applications de la sonde.

Les connaissances géologiques se sont tellement généralisées depuis quelques années, et les progrès de cette science ont été si rapides depuis vingt ans, que je croirais grossir inutilement ce volume en entrant dans les développements nécessaires pour donner des notions suffisantes au peu de personnes qui y sont encore étrangères aujourd'hui. Je préfère indiquer les traités qui les initieront complétement aux connaissances indispensables de cette branche si intéressante des sciences naturelles, qui nous fait suivre progressivement les développements des différentes couches formant le globe que nous habitons, et nous montre sans interruption le progrès constant. Ainsi, dans les terrains primitifs, aucune trace d'êtres ou de végétaux ; dans la partie supérieure des terrains de transition, quelques vestiges d'êtres organiques ; dans les formations secondaires des plus anciennes, des animaux et des plantes simples ; dans des formations secondaires plus récentes, d'abord les coquilles bivalves et les végétaux à ramifications, et, en suivant l'échelle ascendante, une plus grande variété d'êtres organiques, jusqu'à la végétation gigantesque et aux animaux vertébrés. Les terrains récents renferment des fossiles analogues aux êtres qui habitent notre globe, moins les espèces les plus perfectionnées vivantes aujourd'hui et qui sont le dernier degré du progrès atteint par la nature.

Pour donner une idée succincte de l'ordre de superposition et de puissance des couches qui forment l'écorce terrestre, je ferai quelques emprunts aux publications de MM. D'Aubuisson de Voisin, Héricart de Thury, de la Bèche, d'Ormalius d'Alloy, ainsi

qu'aux récentes publications de plusieurs ingénieurs des mines; je m'efforcerai d'en faire un résumé clair, je me bornerai à énoncer les formations en leur donnant les noms les plus généralement adoptés, et éviterai autant que possible les nombreuses subdivisions qui embarrasseraient les personnes étrangères aux études géologiques, qui ne rechercheront ici que les notions nécessaires pour savoir si un puits artésien peut ou non être tenté avec probabilité de succès, si un sondage plus ou moins profond peut amener la découverte d'un gisement minéral susceptible de donner lieu à une exploitation profitable.

J'établirai ce que l'on doit entendre par minéraux, roches, fossiles, par terrains stratifiés et non stratifiés et en donnerai la nomenclature d'après les auteurs de la carte géologique de France, MM. Élie de Beaumont et Dufresnoy.

J'indiquerai ce que l'on entend par bassins géologiques et donnerai des indications pour les gisements de combustibles et de sels gemmes.

L'importance des connaissances élémentaires de la géologie pour tenter rationnellement un sondage, me détermine à former de ce résumé un chapitre spécial, et à le placer à la suite de ce précis terminé par une notice sur les anciens travaux de sondage.

Après avoir retracé les principes généraux de l'hydrostatique, sur lesquels est fondé l'art des sondages, il ne me reste plus qu'à en retracer brièvement l'histoire.

L'usage de la sonde pour la recherche des eaux artésiennes remonte aux temps les plus reculés. La Syrie et l'Égypte possèdent un grand nombre de fontaines obtenues par ce procédé, et la plupart des oasis de l'ancienne chaîne lybique doivent leur origine à des puits forés. J'ai livré, il y a quelques années, à Ayme-Bey, directeur des établissements du pacha d'Égypte, les outils nécessaires pour désensabler quelques-unes de ces sources artificielles, dont la construction remonte à près de 4,000 ans, et les travaux exécutés ont fait reconnaître que ces puits étaient tubés

en briques ou en bois. On ne sait pas encore par quels procédés ces travaux ont été exécutés [1].

Polybe rapporte que les Perses, après voir conquis l'Asie, accordèrent des terres à ceux qui faisaient surgir des sources et que, par cette mesure, ils parvinrent à réparer les désastres, suites inséparables de la conquête.

Les déserts de la Syrie et de l'Arabie possèdent des fontaines antiques qui ont conservé les noms de leurs fondateurs; ainsi les fontaines d'Ismaël, de Bedsabée, de l'Abondance, du Jurement, de l'Injustice, sont connues encore aujourd'hui sous ces noms mentionnés dans la Bible.

Olympiodore, qui vivait dans le sixième siècle à Alexandrie, se borne à dire que, dans les oasis, il existe des puits creusés à 300 et même 500 aunes (48 et 80 mètres), qui lancent à la surface du sol des rivières dont les agriculteurs se servent pour l'arrosement des campagnes. Ce qu'il y a de certain, c'est que l'existence des eaux souterraines jaillissantes a été connue des anciens Égyptiens, et que des procédés appliqués à leur recherche ont été conservés en Afrique, où nous les voyons encore aujourd'hui pratiquer par les Arabes du désert : « Le Wad-Reay, dit le voyageur Shaw, est un amas de villages situés fort avant dans le « Sahara. Ces villages n'ont ni sources, ni fontaines, les habitants « se procurent de l'eau d'une façon fort singulière. Ils creusent des « puits à 100 et quelquefois à 200 brasses de profondeur, et ne « manquent jamais d'y trouver de l'eau en grande abondance. Ils « enlèvent pour cet effet diverses couches de sables et de graviers, « jusqu'à ce qu'ils trouvent une espèce de pierre qui ressemble à

[1] Les nombreux travaux dus à la persévérance intelligente de notre compatriote Ayme-Bey, directeur général des établissements métallurgiques du pacha d'Egypte, ont changé la situation du pays dont Méhémet-Ali lui a donné l'administration, et ont fait honorer le nom français par les nombreuses tribus arabes qui sont venues se grouper autour des fontaines artésiennes qu'il a créées ou ressuscitées au milieu de ses beaux établissements.

« de l'ardoise, et que l'on sait être précisément au-dessus de ce « qu'ils appellent *bahar taht el erd*, ou la *mer au-dessous de la terre*. « Cette pierre se perce aisément, après quoi l'eau sort si soudaine-« ment et en si grande abondance, que ceux qu'on a fait des-« cendre pour cette opération, en sont quelquefois suffoqués « quoiqu'on les retire aussi promptement que possible. »

La Chine connaît aussi les puits forés. On trouve dans les *Lettres Édifiantes* une lettre de l'évêque de Tabrasca, missionnaire en Chine, qui parle ainsi des puits forés de Ou-Tong-Kiao : « Ces puits sont percés à plusieurs centaines de pieds de profon-« deur, très étroits et polis comme une glace; mais je ne vous « dirai pas par quel art ils ont été creusés; ils servent pour l'ex-« ploitation des eaux salées. » Un autre missionnaire, l'abbé Imbert, a donné depuis sur les sondages chinois des renseignements plus étendus, rédigés avec plus de bonne foi que de discernement; en voici la substance :

« Il existe dans le canton de Ou-Tong-Kiao plusieurs milliers « de puits dans un espace de dix lieues de long sur cinq de « large. Chaque puits coûte mille et quelques cents taëls (le « taël vaut 7 fr. 50 c.). Ces puits ont de 15 à 1,800 pieds de « profondeur sur un diamètre de 5 à 6 pouces.

« Pour les forer, on commence par placer en terre un tube « en bois de 3 à 4 pouces de diamètre, surmonté d'une pierre « de taille percée d'un orifice de 5 ou 6 pouces. Ensuite, dans ce « tube, on fait jouer un trépan pesant 3 ou 400 livres. Un homme, « monté sur un échafaud, fait basculer un levier qui soulève le « trépan à 2 pieds de hauteur, et le laisse retomber par son propre « poids; le trépan est lié à la bascule par une corde de rotin; on « y attache un triangle de bois; un homme, assis près de la corde, « à chaque levée de bascule, saisit le triangle et lui fait faire un « demi-tour, afin que le trépan prenne en tombant une autre direc-« tion. De six heures en six heures on relève les ouvriers, et l'on « travaille jour et nuit. On met quelquefois trois ans à creuser

« le puits jusqu'à la profondeur des eaux que l'on veut atteindre. »

Ces puits dégagent presque tous beaucoup *d'air inflammable ;* il y en a même qui ne fournissent rien autre chose que ce gaz ; on les appelle puits de feu. Il paraît que les Chinois emploient comme combustible ce gaz, qui n'est sans doute autre chose que l'hydrogène carboné, provenant de mines de houille en combustion. S'il fallait en croire M. Imbert, qui s'est probablement trompé dans son calcul, quelques-uns de ces puits auraient jusqu'à 3,000 pieds de profondeur.

Si nous passons en Europe nous trouvons l'usage des puits artésiens répandu dès le commencement des temps modernes dans le nord de l'Italie, comme l'attestent les armes de la ville de Modène, deux tarières de fontainier avec cette épigraphe : *Aria pervia.* Un professeur au lycée de médecine de cette ville publia, en 1691, un traité de physique dans lequel on trouve des renseignements intéressants sur la nature des terrains, sur les cours d'eau, sur l'origine des fontaines jaillissantes, sur la manière de percer les puits à l'aide de la sonde, *terebratio*, enfin sur l'excellente qualité des eaux que rencontre le perceur de ces puits, *terebrator puteorum.* Avant son arrivée en France, c'est-à-dire vers le milieu du dix-septième siècle, Dominique Cassini avait fait construire au fort Urbain un puits foré dont l'eau jaillissait jusqu'à 15 pieds au dessus du sol. Quand cette eau se trouvait maintenue dans un tube, elle montait au sommet des maisons. Cassini s'efforça de faire connaître en France les procédés dont il avait appris à faire usage dans sa première patrie. « Dans quelques endroits du « territoire de Modène et de Bologne, dit-il, pour avoir des jets « d'eau même des puits les plus profonds, on creuse la terre jus- « qu'à ce qu'elle paraisse gonflée par la force de l'eau qui coule « et qui presse par dessous. Alors on construit un double revêtis- « sement dont on remplit l'entre-deux d'un corroi de glaise bien « pétrie. On continue ensuite à percer plus bas, en suivant le « revêtissement, jusqu'au moment de percer la source. Alors on

« perce le fond avec une longue tarière qui donne issue à l'eau.
« La tarière étant retirée, l'eau sort avec impétuosité ; elle rem-
« plit le puits en entier, et par son écoulement continu elle sert
« à arroser toutes les campagnes voisines : peut-être ces eaux
« viennent-elles par des canaux souterrains du haut du mont
« Apennin qui n'est qu'à dix milles de ce territoire. »

Cassini ajoute que dans la basse Autriche, qui est environnée des montagnes de la Styrie, les habitants se procurent de l'eau à peu près de la même manière.

La première mention imprimée qui ait été faite des puits forés en France, se trouve dans le traité de Belidor, sur la science de l'ingénieur, livre qui parut en 1729 : « Il se fait, dit Belidor, une
« autre sorte de puits appelés *puits forés*, qui ont cela de parti-
« culier que l'eau monte d'elle-même à une certaine hauteur, de
« sorte qu'il ne se faut donner aucun mouvement pour l'avoir,
« que la peine de puiser dans un bassin qui la reçoit. Il serait à
« souhaiter que l'on en pût faire de semblables en toutes sortes
« d'endroits, ce qui ne paraît pas possible, parce qu'il faut des
« circonstances du côté du terrain qui ne se rencontrent pas
« toujours. »

Mais à défaut de textes, les anciens puits forés de l'Artois qui subsistent encore aujourd'hui témoignent que l'emploi de la sonde est connu chez nous depuis longtemps. Le plus ancien puits connu en France est, dit-on, de 1126 ; il existe à Lillers, en Artois, dans l'ancien couvent des Chartreux. Les sondages se font dans ce pays avec une grande facilité et peu de dépense ; aussi, du côté de Carvin et dans toute la plaine, en trouve-t-on un ou plusieurs devant chaque maison de paysan ; cette grande facilité d'exécution a été en partie cause de la routine dans laquelle les sondeurs du pays ont persévéré. Ils n'ont rencontré quelques difficultés que lorsqu'ils ont commencé à être appelés à travailler dans les départements du Nord et de la Somme.

En 1824, M. Péligot fit exécuter à Enghien le premier puits

artésien dans le département de la Seine. En 1828, MM. Flachat frères obtinrent les premières eaux jaillissantes de la base des terrains tertiaires dans leurs percements de Saint-Ouen. Ce résultat obtenu à 67 mètres de profondeur eut un grand retentissement. En 1830, j'avais le bonheur, à Tours, de traverser le premier la craie et de trouver dans les sables verts de la glauconie des eaux jaillissantes de 140 mètres de profondeur. Depuis, les sondages se sont multipliés et ont pris un grand développement basé sur une théorie rationnelle, et l'application de moyens mécaniques variés suivant les terrains à forer et les difficultés à surmonter.

CHAPITRE II.

PRÉCIS GÉOLOGIQUE.

Introduction. Définition et but de la géologie. — Origine présumée de la terre; développements successifs de sa masse; son état actuel.

Étude systématique de l'écorce solide. Composition et structure. — Age (terrains). — Applications industrielles.

L'étude systématique du sol est développée ainsi qu'il suit :

Ce que l'on doit entendre par *minéraux*, *roches fossiles*; description sommaire des espèces les plus importantes. — Structure générale et particulière de l'écorce solide (*couches*, *filons*, *amas*, *brèches*, *concrétions*, etc.)

Ce que l'on doit entendre par *terrains*. — Division générale des terrains en *stratifiés* et *non stratifiés*. — Nomenclature et description des terrains stratifiés (d'après MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy). — Nomenclature et description des terrains non stratifiés.

Ce que c'est qu'un *bassin géologique*. — Aspect général des bassins géologiques secondaires et tertiaires. — Dispositions favorables à l'établissement des puits artésiens. — Gisements habituels des combustibles fossiles qui peuvent être recherchés par sondages (anthracite, houille, lignite, tourbe). — Recherches du sel gemme et des eaux salées.

La *géologie* est *l'histoire de la terre;* cette science recueille, coordonne et résume tous les éléments que le monde physique et naturel renferme.

Considérée sous ce point de vue, la géologie, plus que toutes les autres sciences, est appelée à fournir d'utiles et indispensables secours; car ceux de ces éléments que l'homme recherche, qu'il façonne à ses besoins, qu'il exploite au profit de son industrie, sont en petit nombre, disséminés et souvent confondus dans la

masse, infiniment plus considérable, de tous les autres. Comment les reconnaître? En quel lieu, en quel point précis les rencontrer? La géologie seule peut nous enseigner les moyens de résoudre ce problème; car son but, avant tout, est précisément de *reconnaître* et de *distinguer*. Avec elle, nous étudierons en détail la composition et la structure intérieure de la terre; nous suivrons attentivement dans le temps et dans l'espace la disposition et l'ordre de superposition des masses qui la constituent, et ces connaissances une fois acquises, il nous deviendra plus facile de préciser les recherches qui font l'objet spécial de ce travail et d'appliquer les moyens de découvertes qui s'offriront à notre choix.

Mais, avant de passer directement à l'étude *géognostique* de la terre, qu'il nous soit permis de reprendre un peu plus haut son histoire et de remonter, autant que possible, jusqu'à son origine. Cette digression sera utile pour mieux juger des phénomènes qui ont présidé à sa formation, et pour bien comprendre les rapports de succession et de structure générale des masses qui en constituent l'écorce solide.

La terre fut jadis à un état de mollesse ou de fluidité incandescente qui résultait de la fusion ignée de toutes les parties qui la constituent. En vertu de cette mollesse, et sous l'influence des forces centrifuges développées par son mouvement de rotation, elle a dû prendre la forme sphéroïdale qu'elle présente aujourd'hui et qui serait aussi celle que prendrait toute masse, fluide comme elle, et douée du même mouvement. Cet état de fluidité n'a pas été permanent, et la terre a dû passer par des circonstances de refroidissement qui l'ont modifiée en transformant une partie de sa masse. Le résultat immédiat de ce refroidissement a été la formation d'une première pellicule consolidée qui l'a enveloppée tout entière. Avec le temps, cette pellicule s'est contractée par l'effet de l'abaissement graduel de température; elle a comprimé l'intérieur encore liquide, et c'est ainsi que se sont produites de nom-

breuses fractures par lesquelles les matières intérieures, poussées au dehors, se sont épanchées à la surface et en ont formé les premiers reliefs.

A cette époque, grand nombre de matières qui constituent aujourd'hui l'écorce solide, étaient suspendues à l'état de gaz ou de vapeurs dans l'atmosphère, et, entre autres, la masse totale des eaux qui recouvrent aujourd'hui une partie de sa surface. Or, le refroidissement continuant, un moment arriva où l'élément liquide commença à se condenser, et se précipita à la surface de l'enveloppe solide, entraînant avec lui toutes les autres matières tenues à l'état de vapeurs, lesquelles contribuèrent ainsi puissamment à la formation de la croûte solide, par l'addition de nouvelles parties venues de haut en bas. Ces premiers effets une fois produits furent en quelque sorte les rudiments et le signal des effets analogues subséquents qui ont achevé la formation de l'écorce solide.

Les eaux provenant de la condensation des vapeurs, après avoir ruisselé à la surface du sol, se retirèrent dans les bas-fonds et les anfractuosités qui existaient à cette surface; elles se partagèrent par bassins limités et circonscrits, et commencèrent immédiatement à agir sur les roches voisines; les mouvements fréquents et plus ou moins violents qui agitaient la masse solide, favorisaient considérablement cette action. De nombreux fragments de toutes sortes étaient violemment arrachés aux bords environnants, entraînés au loin, triturés, amoindris et rassemblés sur des fonds plus tranquilles; c'est à partir de cet instant, que se formèrent les premiers dépôts *aqueux* ou *stratifiés*.

Le monde organique ne tarda pas à paraître sur cette terre devenue habitable, où le sol, les eaux et une température convenable offraient désormais les conditions nécessaires à l'existence d'êtres animés. Le règne végétal eut sans doute, le premier, des représentants sur ce sol nouveau; les animaux vinrent ensuite,

en grand nombre à la fois, si l'on en juge par les débris qu'ils ont laissés au sein des couches dont la formation date de cette époque.

Depuis cette ère première de l'origine du globe, les révolutions se sont succédé à sa surface ; de nombreux paroxysmes ont violemment agité sa masse à diverses reprises ; le sol fracturé, brisé sur plusieurs points, a vu fréquemment apparaître au-dehors des matières sorties avec effort de son centre agité ; les reliefs de sa surface ont changé, les mers ont quitté leurs lits, ont franchi leurs limites ; les roches ignées ont recouvert sur plusieurs points les matériaux d'origine sédimentaire ; ceux-ci se sont déposés de nouveau sur les masses qui avaient enveloppé leurs premiers représentants ; l'horizontalité et la direction des couches ont été troublées ; les êtres organisés se sont rapidement succédé en changeant de races dans le temps et dans l'espace, jusqu'au moment actuel, où le repos apparent de la terre n'est peut-être que temporaire et pourrait bien être suivi d'un nouveau cataclysme qui changerait encore une fois le relief du globe.

Ces considérations générales sur l'histoire première de la terre nous suffiront pour l'intelligence des faits que nous aurons à examiner dans le cours de cet ouvrage ; ce qui nous importera le plus dorénavant, ce sera de chercher à bien connaître la *composition*, la *structure* et l'ordre de *succession chronologique* des masses minérales dont elle se compose.

COMPOSITION DU SOL.

Les matériaux qui constituent l'écorce solide de la terre peuvent être classés, eu égard à leur nature et à leur composition, sous les principaux chefs suivants : *minéraux*, *roches*, *fossiles*.

MINÉRAUX.

On a défini un minéral, *tout corps naturel inorganique* que

l'on rencontre dans l'intérieur de la terre ou à sa surface, *ayant une composition chimique définie, et une forme plus ou moins régulière.*

La forme régulière des minéraux est ce qu'on a appelé *cristallisation*; elle sert, avec la composition chimique, de caractère fondamental, pour distinguer *l'espèce minérale.* Ce n'est pas ici le cas de discuter les caractères qui distinguent les minéraux, de donner leur nomenclature et de faire leur histoire; qu'il nous suffise de dire que les minéraux sont les éléments constitutifs des roches, et sous ce rapport nous désignerons au moins rapidement ceux qui offrent une importance notable. En citant par ordre d'abondance ces espèces minérales principales, nous aurons le *quartz*, le *felspath*, le *mica*, le *talc*, *l'amphibole*, le *pyroxène*, etc.; les *carbonates* et *sulfates de chaux*, le *sel gemme;* quelques *combustibles fossiles*; et, parmi les espèces métalliques, une seule à peine, le *peroxyde de fer hydraté*. La première série, du quartz au pyroxène, forme, sans contredit, la portion la plus considérable de l'écorce solide; les minéraux qui la composent constituent à eux seuls les roches dites cristallines ou primitives, lesquelles, ainsi que nous le verrons plus tard, surpassent infiniment en puissance toutes les autres roches réunies.

ROCHES.

Les roches sont composées de minéraux; tantôt d'une seule espèce minérale, lorsque celle-ci se trouve en masses puissantes et joue un rôle important dans la constitution de l'écorce solide, tantôt de plusieurs espèces réunies, et c'est le cas le plus fréquent. Au nombre des éléments constituants des roches, on peut encore citer les fossiles dont le nombre et l'accumulation suffit, parfois, en quelque points, pour former la presque totalité de certaines roches calcaires ou siliceuses. Les roches ont été classées, tantôt, d'après leur nature minéralogique, en roches quartzeuses, calcaires, métalliques, etc.; tantôt d'après leur structure

et la disposition de leurs éléments, en roches granitiques, porphyriques, terreuses, compactes, grenues, cristallines, etc.; tantôt d'après leur âge, en roches anciennes, modernes, primaires, secondaires, tertiaires; et enfin d'après leur nature originaire, roches de sédiment, de transport, d'éruption, d'épanchement, de cristallisation, etc. Les roches sont tantôt *simples*, c'est-à-dire formées d'un élément unique, tantôt *composées*, c'est-à-dire offrant un plus grand nombre d'éléments. Dans le second cas, elles peuvent être *homogènes*, ou *hétérogènes*; elles sont homogènes, lorsque les éléments sont intimement mélangés et indistincts à l'œil nu, comme le basalte; et hétérogènes dans le cas contraire, comme le granit, les porphyres.

Le nombre de roches admises jusqu'à ce jour est, suivant les auteurs, plus ou moins considérable. On peut, toutefois, les grouper autour de certains types dont le nombre est plus limité, et qui, tout en faisant ressortir leurs principaux caractères, permettent d'en simplifier et d'en abréger la description.

Groupes de roches granitiques. — Le granit sert de type à cette division; c'est une roche composée de trois éléments, en proportions à peu près égales, le *quartz*, le *felspath*, le *mica*; le tout est cristallin. Les éléments en sont distincts, enchevêtrés toutefois les uns dans les autres, et la texture de cette roche est telle qu'il est facile de la distinguer de celle de toute autre. Autour du granit viennent se grouper la *syénite*, où le mica est remplacé par l'amphibole; telle est la roche qui constitue le magnifique monolithe de Luxor; la *protogine*, où le mica est remplacé par le talc ou la chlorite; c'est la roche qui forme le dôme gigantesque du Mont-Blanc et que l'on retrouve dans les Vosges, l'île de Corse, la Bretagne, etc.; la *pegmatite* qui ne contient que du quartz et du felspath, et dont la décomposition fournit le kaolin; la *diorite*, composée de felspath et d'amphibole de couleur verdâtre, et dont une espèce particulière, remarquable par sa structure, se rencontre dans l'île de Corse, et est connue vulgairement sous le nom de por-

phyre orbiculaire de ce pays; bien d'autres roches rentrent dans le groupe des roches granitiques, mais nous avons nommé les principales. Quant au granit proprement dit, il est suffisamment connu, et il n'est pas besoin de nous étendre plus au long sur ses caractères; nous ajouterons seulement que les roches granitiques et le granit en particulier forment la base de presque la totalité de la charpente solide de l'édifice terrestre. La première pellicule qui s'est formée à la surface de la terre, lorsque celle-ci a passé d'un état de fluidité ignée à celui de masse partiellement solide, est, d'après l'opinion généralement admise, de nature granitique.

Près du groupe des roches granitiques viennent se ranger, faute de place bien précise dans la nomenclature des genres, trois roches principales dont la texture et la composition est bien la même que celle des roches granitoïdes, mais dont la structure en grand appartient aux roches stratifiées; nous voulons parler des *gneiss*, des *micaschistes* et des *talschistes*. Les gneiss sont des roches à base de felspath et de mica cristallins, et à structure schistoïde; le micaschiste est une roche analogue, mais où le felspath est remplacé par le quartz; enfin les talschistes se composent de quartz et talc également cristallins et schistoïdes. Ces roches sont généralement placées très inférieurement dans la série descendante des couches de la terre. Elles occupent la base des couches stratifiées *sédimentaires;* elles sont elles-mêmes nettement stratifiées.

MÉTAMORPHISME. L'origine de ces sortes de roches avec leurs caractères mixtes a été souvent, de la part des géologues, le sujet de vives controverses; on pense généralement aujourd'hui qu'elles ont bien été primitivement déposées au sein des eaux à l'état de sédiment, mais que, plus tard, elles ont été transformées, ou, comme on dit, *métamorphosées*, sous l'influence d'agents ignés, en roches cristallines, tout en conservant leur structure originaire.

Il y avait longtemps que l'on observait que certaines roches

neptuniennes présentaient, dans le voisinage de roches ignées, des caractères différents de ceux qu'elles ont habituellement, et de ceux que les mêmes masses ont un peu plus loin; on avait observé, par exemple, que les bancs de craie ou de calcaire compacte prenaient une texture saccharoïde ou lamellaire, lorsqu'ils s'approchaient des basaltes, et l'on avait cru pouvoir attribuer ces propriétés à l'action de la chaleur communiquée par cette roche d'épanchement. Comme les roches calcaires des contrées en couches inclinées ont plus communément la structure saccharoïde que celles des terrains en couches horizontales, on a aussi été conduit à attribuer cette propriété à la même cause. Mais certains auteurs ont été plus loin; d'énormes dépôts calcaires avaient montré, au contact de mélaphyres, une circonstance particulière de composition, celle d'être fortement magnésiés, tandis que d'autres dépôts faisant partie des mêmes assises, mais plus éloignés de l'agent réformateur, étaient restés du calcaire pur. On a conclu de ce fait que grand nombre de dépôts de dolomie avaient originairement été du calcaire, mais que, lors de la poussée de certaines roches soulevantes, de la magnésie sublimée, aidée par l'action dilatante de la chaleur, s'était introduite dans les pores du calcaire et s'était combinée avec ce dernier par une opération analogue à la cémentation de l'acier. Du reste, cette hypothèse qui a présenté sous un point de vue tout à fait nouveau la formation de plusieurs espèces de roches, n'a pas été restreinte à la seule dolomie; beaucoup d'autres roches qui renferment de la magnésie ou d'autres substances également introduites par sublimation, sont dans le même cas. On a aussi supposé que le soulèvement des roches plutoniennes a pu échauffer assez fortement des roches de sédiment, pour y opérer une dilatation ou un ramollissement suffisant qui permît aux jeux des affinités de donner naissance à de nouveaux corps cristallins, par un phénomène analogue à ce que nous voyons dans les corps fondus, qui refroidissent dans des circonstances favorables. Enfin,

ce jeu des affinités, déterminé par la chaleur, ne s'est pas borné à donner naissance à des cristaux disséminés, mais la transformation s'est étendue à des massifs entiers, comme ceux des gneiss, micaschistes, talschistes, etc., que nous avons cités ci-dessus, et dont plusieurs occupent des contrées étendues.

GROUPE DES ROCHES PORPHYRIQUES. Le porphyre sert de type à ce groupe. C'est une roche à base felspathique, contenant, au milieu d'une pâte homogène dont la couleur varie, des cristaux assez nets de felspath, de nuance plus claire ou tout au moins différente de celle de la pâte. Les porphyres sont assez souvent quartzifères, ou amphiboleux, ou pyroxéniques, etc.; de là les différences de teintes qu'ils présentent et qui varient du rouge de brique au rouge vineux, au rouge plus foncé, au noir, au vert, etc. Cette roche est, comme l'on sait, tres recherchée pour le poli qu'elle acquiert et pour sa très grande dureté. Les anciens s'en servaient pour leurs statues, leurs tombeaux, leurs monuments, etc. Ce groupe offre peu de variétés. Le *porphyre rouge antique* a la composition que nous avons donnée ci-dessus; le porphyre pyroxénique, de couleur noire, est désigné sous le nom de mélaphyre. Le porphyre se présente aussi quelquefois en gros fragments liés par un argile. Je citerai ici ceux qui limitent certaines couches de houille du beau bassin de Sarrebruck et ceux que l'on rencontre fréquemment dans les mines de Litry (Calvados).

GROUPES DES ROCHES TRACHYTIQUES ET BASALTIQUES (des roches volcaniques). Les *trachytes* sont des roches très abondantes dans toutes les formations volcaniques; elles sont composées presque exclusivement de felspath, de la sous-espèce que l'on nomme albite. Ces roches sont généralement grisâtres, couleur de cendre ou plus fôncées, tantôt compactes et très dures, tantôt plus friables et granitoïdes; et, dans ce dernier cas, offrant des cristaux assez nets du felspath qui les compose et que l'on distingue très bien par son éclat vitreux et par sa texture comme fendillée. Les *ba-*

saltes contiennent, avec un peu de felspath de la même espèce que celui des trachytes, beaucoup de pyroxène qui leur donne une couleur noire caractéristique. Les basaltes sont généralement très compactes, homogènes, très durs. Cette espèce de roche est remarquable par la forme primatoïde sous laquelle elle se présente en plusieurs localités, forme qu'elle doit à l'homogénéité de sa masse, et qu'elle a acquise par le retrait, en passant de l'état de lave fluide à l'état solide. Les trachytes et les basaltes forment la base des terrains volcaniques anciens ou modernes. Les éléments qui les composent se trouvent dans toutes les autres roches volcaniques qui ne diffèrent, pour ainsi dire, de ces deux types premiers que par la texture ou le groupement moléculaire. Telles sont les *scories*, soit trachytiques, soit basaltiques, remarquables par leur structure spongieuse ou cellulaire, les *téphrines* que l'on a employées utilement pour les trottoirs; la *ponce* (cellulofibreuse); *l'obsidienne*, sorte de verre volcanique; le tuf volcanique qui présente des masses énormes aux environs de Rome et de Naples, et dans lequel sont ouvertes les belles grottes de Pausilippe.

Groupe des roches calcaires. Le calcaire est une roche formée d'un élément minéralogique unique, le carbonate de chaux. Cette roche est trop connue pour que nous croyions utile de nous y arrêter ici plus longtemps; il sera toujours facile de la reconnaître par l'effervescence très vive qu'elle produit dans les acides, et par sa décomposition complète, au bout de très peu de temps, dans certains de ces acides, l'acide hydrochlorique, par exemple. Nous rappellerons seulement quelles sont ses principales variétés. Le calcaire *spathique*, ou *cristallisé*, qui n'est pour nous qu'accidentel; le calcaire *lamellaire*, autrement dit *saccharoïde*, vulgairement *marbre statuaire*, de couleur blanche plus ou moins pure; le calcaire *marbre ordinaire*, diversement coloré ou accidenté; le calcaire compacte fin, ou pierre *lithographique*; les calcaires compactes, moins fins, plus ordinaires; le calcaire *craie* à texture terreuse; le calcaire *grossier* des environs de Paris, dont l'origine

sédimentaire est bien accusée par les détritus dont il est évidemment composé, et par la grande quantité de débris de corps organisés qu'il contient; le calcaire concrétionné, grossier et celluleux, ou *tuf calcaire* et *travertin;* le même en masse fine, translucide, souvent zonée ou *albâtre calcaire;* le calcaire concrétionné *oolithique*, en masse composée de petits grains arrondis d'apparence roulée, mais qui ne sont en réalité que de petites concrétions composées de couches concentriques de la grosseur d'un grain de chara à celle d'un grain de millet. Le calcaire *pisolitique*, de même nature que le précédent et qui n'en diffère que par la grosseur des grains, etc., etc. Les calcaires sont généralement en couches plus ou moins puissantes ou plus ou moins étendues; ils se trouvent quelquefois en masses; c'est principalement lorsqu'ils sont d'origine concrétionnée.

Le *gypse* est une roche formée de sulfate de chaux hydraté. Il sera toujours facile de le distinguer de la roche précédente par sa dureté qui est de beaucoup moindre, et par sa non effervescence dans les acides. Sa couleur est généralement blanche, sa structure est le plus souvent cristalline, lamellaire, saccharoïde, fibreuse, plus rarement compacte. Ces différences de structure varient, pour ainsi dire, avec la nature des terrains dans lesquels on le rencontre, et elles ont quelquefois un caractère utile pour distinguer l'âge de ceux-ci. Les gypses sont généralement en couches, plus rarement en amas; ce dernier cas arrive lorsque le gypse a été produit par émanations sulfureuses qui, sorties de l'intérieur de la terre, sont venues réagir à la surface sur les roches calcaires.

Le *sel gemme* est un chlorure de sodium. Les caractères de ce sel nous sont suffisamment connus; ils ne diffèrent pas de ceux du sel obtenu artificiellement. Toutefois, le sel gemme est un peu plus souvent impur, contient des matières argileuses, des oxydes métalliques, offre des couleurs qui varient du gris sale au blanc et au jaunâtre, quelquefois nuancées de rouge, de bleu, de violet. Nous renverrons pour les divers gisements du sel gemme à

l'excellent ouvrage intitulé *Géologie appliquée*, dont M. Amédée Burat vient de publier la seconde édition, et nous nous bornerons à la fin de ce chapitre à mentionner quelques sondages faits dans cette formation.

Nous pourrions encore citer dans ce groupe de roches quelques autres substances qui appartiennent à la même division, telles seraient la *baryte sulfatée*, que l'on rencontre quelquefois à l'état de roche sédimentaire, mais qui, plus souvent, accompagne les filons métallifères; la *strontiane sulfatée*, que l'on rencontre abondamment dans de certaines assises du terrain tertiaire parisien et dans quelques dépôts de soufre natif, comme en Sicile ; *la chaux fluatée*, le *gypse anhydre*, etc. ; mais toutes ces roches n'ont qu'une minime importance relativement aux calcaires et aux gypses.

GROUPE DES ROCHES ARGILEUSES ET ARGILO-SCHISTEUSES. — On donne le nom *d'argile* à des matières qui paraissent être composées en grande partie de silicate d'alumine avec un peu d'oxyde de fer et quelques autres substances accidentelles. Beaucoup d'argiles ont la propriété de faire pâte dans l'eau; d'autres perdent leur consistance dans cet élément sans pouvoir s'y délayer. Elles sont généralement terreuses, douces au toucher, de couleur grisâtre, de structure schistoïde ; on en connaît plusieurs variétés qui sont : le *kaolin*, qui est, en quelque sorte, l'argile par excellence et la plus pure de toutes; on sait que cette terre employée pour la fabrication de la porcelaine est ordinairement d'un blanc pur ; elle se trouve principalement dans le terrain granitique, surtout dans le voisinage des pegmatites, roches qui leur ont donné naissance. Le meilleur est celui de la Chine ; il en existe de très beaux gisements à Saint-Yrieix, près de Limoges. *L'argile smectique* (terre à foulon) se délaye facilement dans l'eau, lui donne une apparence savonneuse et la propriété de dégraisser les étoffes; on la trouve principalement dans la partie inférieure des terrains crétacés. *L'argile ordinaire* (argile plastique, terre de pipes, terre à

pot, terre glaise) fait avec l'eau une pâte tenace qui conserve les formes qu'on lui imprime et qui, par l'action du feu, devient dure, fragile, rude au toucher. Elle est ordinairement friable ou meuble quand elle est sèche, molle quand elle est mouillée; l'argile ordinaire se trouve en général dans tous les terrains neptuniens, en dépôts stratifiés ou en un amas plus ou moins puissant. Le *limon* ordinaire ne diffère des argiles que parce qu'il est plus sableux, ferrugineux, marneux et qu'il est généralement plus superficiel.

Les argiles présentent assez souvent une structure feuilletée, en acquérant une dureté plus grande, et à mesure qu'on les rencontre plus inférieurement dans la série des dépôts stratifiés. On leur donne alors fréquemment le nom de *schistes*, *schistes argileux*, *argiles schisteuses*. Ces mots de schistes, roches schisteuses ont, du reste, souvent été employés pour indiquer toutes sortes de matières minérales douées de la texture que l'on a nommée *schistoïde*. Les schistes sont donc chimiquement le résultat du mélange de plusieurs silicates, et surtout du silicate d'alumine ; on en distingue plusieurs variétés : le *schiste proprement dit*, qui n'est, pour ainsi dire, autre chose qu'une argile durcie avec une structure schistoïde ; le schiste *ardoisé*, tenace et très compacte, susceptible de donner par la division mécanique des feuillets d'une grande dimension et de se diviser presque à l'infini ; le schiste *coticule* à structure schisto-compacte qui sert à aiguiser les tranchants métalliques ; les schistes *phyllades*, plus ou moins compactes, lustrés, cristallifères ; les schistes graphiteux et alunifères (ampélites), etc. On rencontre les schistes dans toute la série des dépôts aqueux : le *schiste proprement dit* est abondant dans les terrains houillers ; les *ardoises*, les *phyllades*, les *coticules*, dans les terrains de transition ; *l'ampélite alunifère*, dans le terrain houiller ; *l'ampélite graphique*, dans de certains terrains métamorphiques, etc.

Souvent, l'argile est mélangée en proportions variables avec le calcaire ; le mélange est intime, la roche qui en résulte, et dont la

texture annonce évidemment une roche de sédiment fin, acquiert quelquefois une grande compacité; d'autres fois, elle est plus ou moins friable ou terreuse. Lorsque les deux substances sont ainsi réunies en proportions à peu près égales, on désigne cette roche sous le nom de *marne;* lorsque le calcaire domine sur l'argile ou celle-ci sur la marne, la roche est désignée sous les noms de *marne calcaire*, *calcaire marneux;* dans le cas opposé, la marne est dite *argileuse*, *ou argile marneuse*. On sait combien cette roche est abondante dans toutes les formations sédimentaires, surtout dans les divisions les plus supérieures; on sait aussi quelles ressources elle offre à l'agriculture; il est donc important de la bien distinguer. Nous avons dit ailleurs qu'il était toujours facile de reconnaître un calcaire par l'effervescence très vive qu'il produit dans un acide, même faible, effervescence due au dégagement de l'acide carbonique qui est graduellement remplacé par le nouvel acide se combinant à la base alcaline; les argiles pures sont complétement insolubles dans ces mêmes acides. Si donc on essaye, par la même expérience, une marne vraie, la quantité essayée disparaîtra de moitié dans l'acide; il en disparaîtra davantage si la marne est avec excès de carbonate de chaux, et il en disparaîtra moins, si elle est avec excès d'argile.

Groupe de roches quartzeuses. Dans ce groupe apparaît d'abord le *quartz hyalin amorphe* ou *quartz en roche*, *quartz des filons*. toutes variétés qui ne nous intéressent que secondairement, car on ne les rencontre guère que dans le voisinage des gîtes métallifères ou accompagnant ces mêmes gîtes, ou en masses qui parcourent en différents sens les divisions les plus inférieures des terrains de transition. Viennent ensuite les *meulières* des divers âges, et principalement celles des terrains tertiaires, celles, par exemple, du bassin de Paris, si remarquables par leur structure caverneuse, par leur gisement, par leurs usages; on sait que cette pierre est employée avantageusement aux constructions qui demandent une grande solidité, telles que les fortifications

de Paris ; les meulières de La Ferté-sous-Jouarre, si estimées, qu'elles sont expédiées, non seulement dans toutes les parties de la France et de l'Europe, mais aussi en Amérique ; aucune roche ne présente des meules aussi parfaites pour obtenir de belles farines. Les silex *pyromaques* ne sont presque qu'un accident dans la craie, les silex cornés sont plus fréquents dans la série des terrains, etc. Mais, de toutes les roches quartzeuses, la plus abondante est, sans contredit, le *grès*. Cette roche n'est autre chose qu'un quartz grenu, ou, pour mieux dire, un composé de grains quartzeux réunis, enchevêtrés, ou assemblés par un ciment de même nature. Les grès sont tantôt très solides et compactes, tantôt plus ou moins friables. Lorsque la compacité est considérable, et que la pâte en paraît cristalline, on a la variété des *quartzites* qui se rencontrent dans les terrains les plus anciens. Un exemple bien connu de quartz très compacte et cristallin existe aux environs même de Paris, ce sont les grès *lustrés*, que l'on rencontre en plusieurs localités de ce bassin. Les couleurs des grès varient : ceux des environs de Paris sont d'un blanc assez pur ; à la base des terrains secondaires, et dans la division supérieure des terrains de transition, on en trouve qui sont remarquables par leur couleur rougeâtre ; plus haut, dans la série des couches sédimentaires, ils offrent des bigarrures et divers autres accidents de couleur qui caractérisent en quelque sorte le terrain auquel ils appartiennent. Les grès peuvent être en couches, en bancs puissants ; ils sont aussi en amas, et quelquefois en nids au sein des autres couches sédimentaires.

Lorsque les grains siliceux, au lieu d'être agglutinés et réunis pour former les grès, sont désagrégés, ils forment les *sables* : par extension, on a quelquefois appliqué cette dénomination à toute roche de détritus composée de grains plus ou moins durs, provenant d'une désagrégation et de trituration par les eaux de roches *granitiques*, *porphyriques*, *basaltiques*, *etc.* De là les noms de sables granitiques, basaltiques, etc.

Les roches quartzeuses se reconnaissent toujours par leur dureté; le quartz raye le verre et la plupart des substances minérales. Ce caractère peut facilement distinguer cette substance de toute autre.

GROUPE DES ROCHES COMBUSTIBLES. Ces roches sont au nombre de quatre principales : *l'anthracite*, *la houille*, *le lignite*, *la tourbe*.

L'anthracite diffère de la houille, en ce qu'elle brûle avec difficulté, sans flamme, ni fumée, ni odeur, s'éteint promptement et se recouvre à peine en se refroidissant d'un enduit de cendres blanches. Sa texture est compacte, ordinairement fragmentaire. L'anthracite est, comme nous le verrons quand nous traiterons des terrains, d'une formation plus ancienne que la houille.

La houille est d'un noir généralement pur et presque toujours éclatant; elle est peu dure, friable, mais jamais assez tendre pour se laisser rayer par l'ongle. Par opposition avec l'anthracite, elle brûle facilement avec une flamme blanche, une fumée noire et une odeur particulière; elle laisse après sa combustion un résidu quelquefois très abondant. La plupart de ces caractères distinctifs de la houille proviennnent de la présence du bitume qu'elle contient, et qui n'existe plus dans l'anthracite. L'une et l'autre de ces substances sont du reste en grande partie composées de charbon et de matières terreuses en proportions variables. La houille offre différentes variétés qui peuvent toutes se ranger en deux sous-espèces : la houille grasse et la houille sèche; quelques variétés de ces dernières sont placées maintenant parmi les lignites; tel est le *lignite candellaire* ou *cannel-coal* des Anglais.

La première sous-espèce, *houille grasse*, est légère, assez friable, très combustible; elle brûle avec une flamme blanche et longue; elle se gonfle et semble presque se fondre; elle s'agglutine facilement, propriété qu'elle doit à la grande quantité de matière huileuse qu'elle contient. Elle laisse peu de résidu. On distingue parmi ses variétés : la houille *cuboïde*, la houille *schistoïde* et houille *fragmentaire*. La *houille sèche* est moins noire,

beaucoup plus solide, plus lourde que la précédente; elle brûle moins facilement, ne se gonfle ni ne s'agglutine, et laisse aussi peu de résidu. Sa flamme est bleuâtre. Elle donne en brûlant beaucoup de gaz sulfureux, qu'elle doit à la grande quantité de pyrites qu'elle contient.

Lignite. On sait que cette substance charbonneuse, fossile, se rencontre, tantôt conservant encore son tissu ligneux, transformée partiellement, tantôt, au contraire, sous forme de matière dure sans éclat, quelquefois assez dure pour être travaillée au tour et polie, s'allumant et brûlant facilement avec flamme, fumée noire et odeur bitumineuse et sulfureuse; enfin donnant un charbon semblable à la braise, et une cendre analogue à celle du bois. Le lignite diffère de la houille par la manière dont il brûle; il ne se boursoufle pas, et ses parties ne se collent pas comme celles de la houille grasse. Retirée du feu la houille s'éteint aussitôt; le lignite, au contraire, continue de brûler et se couvre d'une croûte blanche. On en distingue plusieurs sous-espèces ou variétés : le lignite *piciforme*, à cassure conchoïde et d'un éclat résineux; le *jayet*, luisant, très dense, susceptible de recevoir un beau poli; le *cannel-coal*, dont nous avons déjà parlé, et que l'on substitue quelquefois au jayet pour les usages auxquels on applique ce dernier; le lignite *terne* ou lignite *commun*, tantôt compacte et fragmentaire, tantôt fibreux et à tissu ligniforme. Ce lignite est le plus abondant de tous et le plus généralement répandu. Sa composition chimique varie souvent; mais, en général, il est formé de charbon, de bitume ou de matière huileuse, d'eau et de matière terreuse.

Enfin la *tourbe*, dernière substance minérale combustible dont nous ayons à nous occuper, est suffisamment connue; c'est une substance plus ou moins colorée en brun, renfermant presque toujours des débris d'herbes sèches non décomposées; brûlant facilement avec ou sans flamme, donnant une fumée semblable à celle du foin brûlé, et laissant pour résidu une braise très légère.

Sa texture est tantôt compacte, tantôt grossièrement fibreuse; ce qui est dû aux végétaux non décomposés qu'elle contient.

Nous ne parlerons pas ici de la structure de ces trois ou quatre espèces principales de charbons fossiles; nous nous réservons d'entrer dans quelques détails à ce sujet dans un chapitre spécial où nous traiterons du gisement des combustibles minéraux.

GROUPE DES ROCHES MÉTALLIQUES. Nous avons dit qu'une seule espèce minérale *métallique* jouait un rôle un peu important dans la composition du sol; c'est le fer limonite (fer peroxydé hydraté). Sa couleur est d'un jaune brunâtre, ou brun noirâtre; sa texture est tantôt compacte, tantôt terreuse, généralement cellulaire, d'aspect lithoïde et rarement métallique. On en distingue plusieurs variétés dont les plus importantes sont la *limonite* ordinaire, amorphe, compacte ou terreuse; on la désigne vulgairement sous les noms de *fer des marais*, *fer de gazon*, *fer des prairies*, etc.; le fer hydroxydé globuliforme, *oolithique* ou *pisolitique;* le fer hydroxydé brun *ocreux*, etc. Nous reviendrons sur le gisement de ces diverses espèces de fer hydroxydé.

FOSSILES.

Pour compléter ces connaissances géognostiques spéciales sur la nature et la composition de l'écorce solide de la terre, il ne sera pas hors de propos de dire ici quelques mots des *fossiles*. De certaines couches, dans les terrains d'origine sédimentaire, paraissent complétement formées de débris de corps organisés; dans d'autres, leur nombre est considérable, bien qu'elles n'en forment plus la partie dominante; toutes au moins en contiennent quelques vestiges. Les fossiles nous offrent donc un vif intérêt sous le rapport de la constitution des couches; nous verrons plus tard qu'ils offrent une importance non moins grande dans la détermination de l'âge et de l'origine de ces mêmes couches. On donne le nom de *fossiles à tout corps ou vestige de corps organisé que l'on rencontre enfoui naturellement dans les couches de la*

terre. D'après cette définition, il n'est pas nécessaire, comme on l'entend vulgairement, en désignant les fossiles sous le nom de *pétrification*, que le corps organisé ait été complétement remplacé par la substance pierreuse des couches qui le renferment. Ce corps peut n'être transformé ou remplacé que partiellement, présenter encore à peu près toute sa composition organique, sa structure intérieure, etc. ; et il suffit, pour qu'il soit à l'état de fossile, qu'il soit renfermé dans des couches régulières et normales du sol. Il est vrai, en général, que la transformation et le remplacement sont d'autant plus complets, que le fossile se trouve dans des couches plus anciennes. D'un autre côté, les corps organisés fossiles n'existent pas toujours au sein des couches, intégralement, avec toutes leurs formes, leur volume, leurs contours, leur structure organique intérieure, etc. Dans un grand nombre, la presque totalité de ces caractères ont disparu, et il ne reste plus de l'être préexistant que l'image de sa forme extérieure : telles sont les empreintes fossiles que les végétaux présentent si fréquemment ; telles sont aussi ces empreintes en creux ou en relief, que les coquilles ont laissé en si grande abondance dans certaines roches.

Toutes les grandes divisions du monde organique ont leurs représentants à l'état fossile. Les plus nombreux, toutefois, sont les mollusques et les zoophytes qui réunissaient sans contredit les conditions les plus favorables à la fossilisation, par la nature même de leur enveloppe solide. Cependant, il ne faut pas croire que ces représentants d'un monde qui n'est plus nous offrent exactement les mêmes espèces ou les mêmes genres que le monde actuel. Les espèces et les genres *fossiles* s'éloignent plus ou moins des espèces et des genres vivants, et ils s'en éloignent d'autant plus qu'ils appartiennent à des temps géologiques plus anciens. De là les noms de fossiles *identiques*, *analogues*, *perdus* ou d'espèces *éteintes*. Suivant le milieu dans lequel les êtres organisés auxquels ces faits se rapportent paraissent avoir vécu, ils

peuvent être *terrestres*, *marins*, *fluviatiles*, *palustres*, etc. Ces indications sont importantes pour l'histoire de la formation des dépôts neptuniens.

Ce n'est pas ici le lieu de décrire avec détail les principaux groupes de fossiles ; nous nous contenterons de citer, à la monographie des terrains, les espèces qui caractérisent les formations, en donnant quelques moyens abrégés de les reconnaître.

Un certain nombre de lois générales paraissent avoir régi l'existence et la répartition des fossiles au sein des couches solides ; ces lois, utiles à connaître dans l'histoire de la terre, sont les suivantes :

1° En général, les espèces d'animaux ou de végétaux d'une époque géologique ne paraissent avoir vécu ni avant ni après cette époque ; de sorte que chaque formation a ses fossiles spéciaux, et qu'aucune espèce ne peut être trouvée dans des terrains d'âges différents.

2° Les différences qui existent entre les faunes perdues et les faunes actuelles sont d'autant plus grandes que ces faunes sont plus anciennes.

3° La comparaison des faunes des diverses époques montre que la température a varié à la surface de la terre.

4° Les espèces qui ont vécu dans les époques anciennes ont eu une distribution géographique plus étendue que celles qui existent de nos jours.

5° Les faunes des terrains les plus anciens sont composées d'animaux d'une organisation plus imparfaite, et le degré de perfection s'élève à mesure qu'on s'approche des époques plus récentes.

D'abord des *plantes* et des végétaux simples ; ensuite des coquilles bivales et des plantes ramifiées ; enfin les animaux vertébrés et la végétation gigantesque.

DE LA STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉCORCE SOLIDE DU GLOBE.

L'écorce du globe, d'une seule masse cohérente, est homogène et continue dans toutes ses parties; tout ce que nous avons dit précédemment suffit pour nous en convaincre. Nous avons déjà employé les expressions de substances minérales en *masses*, en *filons*, en *couches*, en *nodules*, etc.; *stratifiées*, *schistoïdes*, etc.; *élastiques*, *grenues*, *terreuses*, etc., sans que peut-être certains lecteurs en comprissent bien le sens et l'étendue; il est donc utile de définir brièvement chacune de ces expressions, et après la connaissance des matériaux qui composent l'écorce solide, il est naturel de se demander quelle est leur disposition et leur structure.

Les masses minérales sont séparées par des joints réguliers ou irréguliers, étendus ou limités, qui sont leurs contemporains ou sont postérieurs à leur formation. Ces joints naturels qui divisent toute la portion solide du globe en un grand nombre de masses partielles plus ou moins étendues, ont reçu divers noms suivant leur nature et suivant les circonstances dans lesquelles ils se sont formés. Les *joints de stratification* déterminent la division de certains dépôts aqueux, en bandes d'un diamètre sensiblement égal sur toute leur étendue, et dont la largeur et la longueur surpassent de beaucoup l'épaisseur; ces bandes qui se succèdent quelquefois en grand nombre, en conservant entre elles un parallélisme sensible, ont été désignées sous le nom de *couches*. Il ne faut pas confondre les joints de stratification avec les *joints de texture*; ceux-ci déterminent seulement la disposition feuilletée des roches ou lamellaire des minéraux, et ne concourent pas directement à la structure du globe. Du reste, tantôt ces joints suivent dans leur direction un parallélisme en accord avec celui des couches, tantôt au contraire ils croisent celles-ci sous divers angles d'inclinaison. Un caractère essentiel des dépôts qui se forment tranquillement au sein des eaux est de prendre une disposition stratoïde. Si le niveau du fond sur lequel s'est déposée une première couche,

ne change pas sensiblement d'horizontalité après la formation de cette première couche, toutes les autres couches qui viendront ensuite seront parallèles entre elles, horizontales, et conséquemment parallèles à la première. On dit alors que la stratification est *concordante*. Dans le cas contraire, si la direction d'une série de couches vient à changer pour une cause quelconque ; que toutefois l'émersion complète de ces couches n'ait pas encore lieu, et que de nouveaux dépôts se forment sur celles-ci en prenant une structure stratoïde, la stratification des couches nouvellement formées ne sera plus parallèle à celle des premières ; elle sera *discordante* relativement à celles-ci. Or, les couches sont dites *inclinées* lorsqu'elles ne sont pas sensiblement parallèles à l'horizon ; *l'angle d'inclinaison*, qui se mesure également par rapport au plan de l'horizon, peut, comme on voit, varier à l'infini. La discordance des couches fournit un très bon caractère pour établir la limite entre deux périodes géologiques, car ces discordances ne peuvent avoir été déterminées que par un mouvement plus ou moins violent du sol, par une révolution qui, en modifiant le relief de la surface et la direction des niveaux relatifs, fournit le moyen le plus naturel de séparer les temps géologiques. Quant à l'*inclinaison* des couches, nous verrons comment elle peut servir à déterminer l'âge des terrains.

Une couche, en se déposant sur un sol déjà consolidé, s'est moulée sur lui ; elle en a pris les diverses formes ; de là les noms de couches en *bosse*, en *manteau*, en *selle*, en *jatte* ou *fond de bateau*, etc. ; cette dernière est fort commune dans les terrains houillers.

Lorsque des agents perturbateurs ont dérangé les couches de leurs positions normales, ils se sont rarement limités à déterminer dans ces couches des différences de direction et une inclinaison variable ; la plupart du temps les dérangements ont été plus complexes et ont laissé des traces non moins remarquables de leur énergie. Dans tel cas, par exemple, les couches sont arquées

et pliées en forme de C; dans tel autre elles sont plissées, tournées en zig-zag, ou diversement contournées; alors, tantôt elles ont gardé dans leur courbure leur continuité primitive, tantôt elles sont brisées dans le pli, et souvent alors on voit, derrière la convexité, un vide laissé par la partie supérieure des strates les plus éloignées du centre de courbure. Les contrées calcaires ou schisteuses plus ou moins rapprochées des axes granitiques et montagneux offrent de nombreux exemples de ces faits. Il semblerait que la forme torturée de ces couches devrait nécessairement produire des variations dans leur direction; mais il n'en est rien; ces variations n'existent guère que dans les détails, et la direction générale n'est pas changée.

De ce qu'une couche est fortement inclinée, il ne faut pas toujours en conclure rigoureusement qu'elle n'est pas dans une position normale, surtout lorsqu'elle est cristalline; car on sait qu'une substance saline peut se déposer sur toute espèce de fond, quelle que soit son inclinaison.

Dans quelques cas, les couches ont été tellement redressées, brisées, que l'on ne voit plus que leur tranche à la surface du sol; quelquefois même, elles ont été renversées; des exemples de cas semblables ne sont point rares dans les Alpes. Il est alors bien difficile d'assigner leur âge par la superposition, puisque l'ordre de celle-ci est interverti.

Lorsqu'une couche est interrompue brusquement dans le sens de son étendue superficielle; qu'une fissure est propagée sur une certaine longueur, en occasionnant un dérangement dans le niveau des parties correspondantes, de manière que la même couche se retrouve plus haut ou plus bas d'un côté de la fissure que de l'autre, cette solution de continuité se nomme une *faille*. Cet accident est fréquent, et donne lieu à de graves inconvénients dans les travaux de mines lorsque ces failles n'ont pas de régularité dans leur distribution.

L'*allure* d'une couche ou d'une masse minérale quelconque est

l'ensemble des circonstances relatives à sa position, à sa puissance et à sa direction; elle peut être *régulière* ou *irrégulière*.

Il arrive quelquefois que des systèmes de couches, traversées par d'autres masses dans le sens longitudinal, présentent des deux côtés de cette masse une inclinaison en sens contraire; on appelle *ligne anticlinale* la ligne qui, comme le faîte d'un toit, correspond à l'intersection des plans de couche qui plongent chacun dans un sens opposé.

On considère comme *masses non stratifiées* les parties de l'écorce du globe qui présentent une épaisseur considérable, sans être divisées par des joints de stratification. Ces masses sont tantôt en *filons*, tantôt en *amas*, tantôt en *dikes*, *culots*, etc.

Les *filons* sont des masses minérales intercalées dans d'autres, qu'elles coupent dans diverses directions, sous forme de coins ou de cônes plus ou moins allongés. La matière de remplissage des filons a profité, pour prendre la forme qui lui est propre, de fentes ou de cassures qui lui étaient offertes au travers de l'écorce du globe, et qu'elle a remplies, postérieurement à la formation des masses minérales qu'elle traverse. Cette matière de remplissage est généralement métallique, du moins est-elle presque toujours différente de celle des masses traversées.

Dans les pays qui présentent un grand nombre de filons, si ceux-ci ont eu des époques de formation différentes, on remarque aussi que leurs directions générales sont différentes les unes des autres.

On distingue plusieurs sortes de filons; les *filons proprement dits*, les filons en forme de murs ou *dykes*, les filons en cônes très surbaissés ou *culots*, etc. Ce sont les filons proprement dits qui offrent les gîtes les plus abondants des minéraux, surtout des substances métalliques. Dans les filons métallifères les parties non métalliques, qui forment la masse principale, sont désignées par le nom de *gangue*. Les *dykes* sont ordinairement composés d'une masse pierreuse uniforme, telle que basaltes, porphyres, etc. Les *culots* sont assez souvent entièrement cachés dans les matières qu'ils

traversent; d'autres fois ils forment, au-dessus de celles-ci, des masses plus ou moins considérables; ce sont aussi les roches précédentes qui offrent le plus fréquemment cette modification de forme.

Nous avons dit plus haut que les filons proprement dits étaient généralement remplis par des substances métalliques, mais tel n'est pas uniquement le gisement des métaux utiles; ceux-ci présentent d'autres manières d'être dans la nature, et, sans compter les gisements stratifiés dont les caractères rentrent dans ceux expliqués ci-dessus, les métaux se présentent assez souvent sous des formes qui échappent en quelque sorte à toute définition, en gîtes *irréguliers*, suivant l'expression admise par M. Burat, qui a fait de ce sujet une étude approfondie, et dont nous ne ferons que citer ici les observations intéressantes. Tantôt ce sont des *veines*, qui ne diffèrent des filons que par leur irrégularité d'allure, par la disposition confuse et la nature des minéraux constituants; tantôt ce sont des *amas* de toutes dimensions couchés ou debout relativement à la stratification du terrain encaissant; d'autres fois ce sont des veinules ou particules isolées qui imprègnent des portions de terrain. Les gîtes irréguliers ont des formes indéfinies; ils sont essentiellement liés dans toutes les circonstances de leur gisement et de leur composition à la nature des roches encaissantes. Du reste, les minerais qui proviennent de ces gîtes, se distinguent dans la plupart des cas, des minéraux qui remplissent les filons, par leur texture beaucoup moins cristalline, souvent même compacte.

Tout ce que nous venons de dire jusqu'à présent sur la structure, s'applique surtout à la disposition générale des grandes masses; nous ne dirons rien des cas de structure plus particulière, telles que *concrétions*, *géodes*, divisions *pseudo-régulières*, *nodules*, *rognons*, *nids à cristaux*, pour la recherche desquels la sonde ne doit pas être employée, et nous nous hâterons d'arriver à l'étude des matériaux qui composent l'écorce solide du globe sous le rapport de l'âge et l'ordre de superposition.

DES TERRAINS.

Considérés sous le point de vue de leur âge, les matériaux constitutifs de la masse terrestre forment ce que l'on nomme les *terrains*, ou ensemble de masses minérales, stratifiées ou non stratifiées, liées entre elles par des relations intimes qui en font un tout complet qu'on ne saurait désunir et qui ont été créées, les unes et les autres, synchroniquement ou alternativement pendant une même période géologique. Or, que faut-il d'abord entendre par ces expressions de masses minérales *stratifiées*, *non stratifiées?* Le sens attaché à ces mots comporte une idée d'origine, d'après laquelle on peut tout d'abord partager les terrains en deux groupes distincts, *stratifiés* ou *non stratifiés*.

En effet, nous avons vu précédemment que deux causes bien distinctes avaient, immédiatement après la formation de la première pellicule consolidée, commencé à agir d'une manière simultanée; l'une, préexistante, avait d'abord posé les fondements de l'édifice souterrain; l'une et l'autre réunies avaient ensuite contribué également à achever la construction de l'édifice. Ces deux causes différentes, *ignée* et *aqueuse*, n'ont pas cessé d'agir, à la fois, dans tous les temps; les effets qu'elles ont produits ont donc été alternatifs ou synchroniques, et l'histoire des uns ne peut guère marcher sans celle des autres. Toutefois, et pour plus de simplicité, nous examinerons dans des chapitres à part l'histoire chronologique de chacun d'eux, en ayant soin de faire ressortir les rapports qui les unissent pour chaque groupe, dans le sens de la profondeur ou dans celui de l'espace.

Et d'abord, quels sont les caractères généraux au moyen desquels on peut distinguer cette double origine? Un simple regard jeté sur l'ensemble des matériaux qui constituent l'écorce solide, suffira pour en faire sentir les différences. Ces matériaux sont de structure et de composition différentes. Les uns sont disposés en *couches*, c'est-à-dire en masses qui se continuent sur une longue

surface, en présentant une épaisseur sensiblement uniforme sur toute leur étendue, elles sont, comme l'on dit, *stratifiées*. Les autres nous apparaissent sous forme de masses irrégulières, qui se répandent sur des espaces incomparablement plus considérables que les précédents, avec une puissance qui dépasse de beaucoup celle de tous les dépôts stratifiés; par opposition à ces derniers, on les a nommés *non stratifiés*. Dans les premiers, abondent les débris organisés de toutes espèces, depuis les couches les plus inférieures jusqu'aux plus supérieures; dans les secondes, au contraire, on ne remarque pas le moindre vestige de ces êtres. L'état des terrains non stratifiés est fréquemment cristallin ; les cristaux que l'on distingue dans la masse sont enchevêtrés les uns dans les autres, et tout, dans leur texture, indique un état préalable de fusion ignée ; leur dureté est considérable ; la silice et les silicates en forment la base. Tels sont les granits, les porphyres, les basaltes, les scories volcaniques, etc., toutes roches composées exclusivement de quartz, feldspath, mica, pyroxène, etc., dans lesquelles la silice et les silicates à bases multiples jouent effectivement le rôle le plus important. Si, dans la composition de ces roches, on rencontre accidentellement quelques autres éléments, ils y existent en faible quantité et ne comptent, pour ainsi dire pas, relativement à la masse. Les roches, en masses irrégulières et cristallines, forment réellement la charpente de l'édifice souterrain, car elles enveloppent sans discontinuité la masse fluide qui occupe le centre de la terre, forment les principales saillies qui en dessinent le relief, constituent l'axe des grandes chaînes de montagnes, donnent naissance aux points les plus élevés du globe, et si elles n'apparaissent pas partout à l'extérieur, c'est que les anfractuosités plus ou moins profondes qui accompagnent nécessairement leur relief, sont remplies par les dépôts plus ou moins réguliers d'origine aqueuse. Mais, partout où leurs sommets apparaissent, il est facile de les reconnaître à leurs formes abruptes, à leur élévation, à leur direction même, et enfin à un ensemble de caractères physiogra-

phiques, que la moindre habitude d'observer en géologie permettra toujours de distinguer, dès le premier abord, à des distances même éloignées.

Au contraire, les diverses roches qui composent les dépôts stratifiés offrent une texture plus fréquemment terreuse, grenue, élastique ; elles sont rarement cristallines ; leur dureté est moins grande. Elles se décomposent plus facilement à l'eau ; ce ne sont plus des silicates à bases terreuses comme dans le groupe précédent, ce sont des sels à bases alkalines, tels que des carbonates de chaux, des sulfates de la même base, des sulfates de baryte, du chlorure de sodium, des charbons fossiles, et, dans certains cas relativement rares, quelques substances métalliques, telles que le péroxyde de fer hydraté que l'on rencontre quelquefois en couches assez puissantes. Tout, dans la structure, la composition et la disposition particulière des éléments qui constituent les dépôts stratifiés, indique un mode de formation par transport, ou par sédimentation après suspension mécanique. Dans quelques cas exceptionnels, les dépôts se sont formés par précipité après dissolution ; alors seulement leur structure est cristalline. Enfin, leur configuration générale, leurs contours extérieurs, leur relief, ne sont pas moins caractéristiques. Leurs formes sont plus arrondies que celles des masses non stratifiées, leurs pentes sont moins abruptes, leurs sommets moins déchiquetés ; les hauteurs qu'elles atteignent sont moins considérables ; elles forment rarement à elles seules de véritables chaînes de montagnes ; elles accompagnent seulement à l'extérieur les roches cristallines qui constituent l'axe de celles-ci, en recouvrant les roches extérieurement et en s'inclinant contre leurs revers. Les flancs sont souvent sillonnés en divers sens, ravinés à la surface ou traversés par des fissures profondes, remplies de roches préexistantes ou de corps organiques transportés par les eaux, ou creusés par des cavernes dont les parois sont mousses ou polies, usées par des courants souterrains, et remplies, comme dans le cas précédent, de débris pierreux ou organiques.

Ces roches forment assez généralement, et surtout dans les pays qui n'ont pas été placés sous le coup immédiat des grandes dislocations qui ont remué à différentes époques la masse de la terre, des plateaux horizontaux ou peu inclinés sur une longue étendue; en un mot, et pour compléter l'idée que nous devons nous former des terrains stratifiés, nous citerons le fameux bassin dont Paris occupe le centre, et dans lequel tous ces caractères apparaissent avec la dernière évidence.

Examinons maintenant dans quel ordre sont disposés chronologiquement les terrains, soit *cristallins* ou *non stratifiés*, soit *sédimentaires* ou *stratifiés*.

PRINCIPES DE DIVISION DES TERRAINS STRATIFIÉS.

Quels sont les caractères au moyen desquels on peut diviser les terrains? sur quels principes sont fondées leur nomenclature et leur classification? Sans doute, la série des terrains stratifiés ne comporte pas le même partage que les terrains non stratifiés, car l'action aqueuse, qui a présidé à la formation des premiers, ayant agi de haut en bas, et augmenté successivement l'épaisseur de l'écorce solide, par des additions *exogènes*, il est évident que pour ceux-ci les couches les plus superficielles seront en même temps les plus modernes; ce caractère est inapplicable d'une manière rigoureuse aux terrains non stratifiés. En second lieu, les nombreux débris de corps organisés que contiennent les dépôts sédimentaires sont de véritables médailles qui manquent aux masses ignées; rappelons-nous à ce sujet que les faunes ont changé avec les temps géologiques, et que l'organisation a suivi un progrès croissant dans la série ascendante de ces temps. Enfin, la direction et l'inclinaison des couches des dépôts stratifiés, est un troisième caractère non moins important que les précédents, et il a sur ceux-ci l'avantage de faire ressortir la nature des causes qui ont amené les changements dans les temps et la succession des périodes géologiques. Quelques explications à ce sujet ne seront

peut-être point déplacées ici. « L'arrivée au jour, dit M. de Beaumont, des grandes masses de roches cristallines, èst due, au « moins en grande partie, à un phénomène général, qui, chaque « fois qu'il se reproduit, s'étend sur une portion considérable de « la surface de la terre, le long d'une zône qui l'embrasse suivant « la moitié d'un de ses grands cercles. La masse liquide qui « occupe l'intérieur du globe, éprouve un retrait graduel par « suite de son refroidissement progressif. La croûte solide, forcée « par son propre poids de suivre ce mouvement interne, s'écrase « sur elle-même, produit une ride à la surface de la terre et « réagissant sur la matière pâteuse située au-dessous d'elle, force « une partie de cette dernière à s'élever, en formant les axes d'un « système de chaînes de montagnes... » Or un pareil mouvement ne peut pas se faire sans un dérangement et un déplacement plus ou moins considérable de couches solides en butte à cette agitation. C'est ainsi que les couches sédimentaires ont perdu si souvent leur horizontalité première, et c'est ainsi que leur inclinaison et leur direction doivent être, dans chaque terrain, c'est-à-dire entre deux révolutions successives de la surface du globe, plus ou moins en rapport avec les axes des montagnes soulevées qui marquent précisément l'époque de ces révolutions.

En résumé, les moyens de classification des terrains stratifiés, généralement mis en usage par les géologues, peuvent être zoologiques ou stratigraphiques. Il est sans doute utile pour une classification rationnelle d'user à la fois de ces caractères réunis, en insistant, pour chaque terrain, sur celui qui paraît lui imprimer un physionomie plus spéciale.

On a donc, d'après cet ensemble de considérations, divisé les terrains reposant sur ceux primitifs en quatre groupes principaux, qui sont, par ordre ascendant :

1° Les terrains de transition,

2° Les terrains secondaires,

3° Les terrains tertiaires,

4° Les terrains d'alluvion.

Chacun de ces groupes a été subdivisé ; la description de ces subdivisions nous dispensera de donner ici leurs caractères généraux. Nous avons cru devoir suivre la classification et la nomenclature des terrains d'après la carte géologique de France, par MM. Élie de Beaumont et Dufresnoy. Cette classification a l'avantage d'être généralement connue et de se prêter surtout très bien aux divisions géologiques du sol de notre France.

TERRAINS PRIMITIFS.

Nous avons dit ailleurs, en parlant des roches, que certaines d'entre elles paraissaient offrir un caractère mixte d'origine ; d'un côté leur structure stratoïde les rapproche des roches d'origine aqueuse ; d'un autre côté leur nature cristalline et leur composition les confondent insensiblement avec celles qui paraissent évidemment d'origine ignée. Nous avons nommé à ce propos les gneiss, les miscaschites et steaschites. Ces roches occupent généralement les étages moyens et supérieurs des terrains *primitifs* ou *cristallisés*, et, suivant leur ancienneté relative, elles suivent l'ordre dans lequel nous venons de les nommer. Elles reposent immédiatement sur les roches qui paraissent avoir formé la première pellicule consolidée, cette pellicule est sans doute granitique ou syénitique.

Les diverses roches plus ou moins stratoïdes qui constituent les terrains primitifs sont très répandues à la surface du globe ; cependant les massifs dans lesquels elles se montrent seules au jour sont rarement d'une grande étendue ; elles constituent parfois des assises élevées, et apparaissent également dans des contrées basses ; mais ce second cas est bien plus rare et les grandes plaines sont ordinairement formées par les terrains secondaires, tertiaires ou d'alluvion. Les terres qui recouvrent les terrains primitifs sont en général peu propres à la culture ; elles sont trop siliceuses et ne

sont guère recouvertes que par des landes, de maigres pâturages ou des bois peu vigoureux. Certaines roches subordonnées à ces terrains sont remarquables par l'abondance des métaux utiles ou des gemmes qu'elles contiennent ; tels sont les quartz grenus schistoïdes du Brésil, hyalomictes, itacolumites, etc., aurifères ou diamantifères, les sidérochristes, etc. Les roches calcaires de ce terrain ont communément une structure saccarhoïde, et renferment presque toujours de la magnésie ou des minéraux contenant de l'oxyde terreux. Aussi, indépendamment du calcaire saccharoïde, y rencontre-t-on souvent de la dolomie, de l'ophicalie, du cipolin, et le plus grand nombre des plus beaux marbres connus. Elles sont quelquefois accompagnées de gypse, également saccharoïde, ou plutôt de karstenite ou gypse anhydre. Toutes ces roches, enfin, sont accompagnées d'une si grande quantité de minéraux disséminés, que pour en faire l'énumération, nous serions obligés de relater ici presque toute la nomenclature minéralogique. Citons parmi les plus abondants, le grenat, la tourmaline, le disthène, la grammatite, le zircon, etc. Mais c'est surtout par ses nombreux gîtes métallifères que ce terrain est remarquable. Les uns sont en filons, les autres en amas couchés. Ils paraissent s'étendre indistinctement dans chacune des roches que nous avons citées ; l'on serait cependant tenté de les considérer comme plus communs dans les micaschistes et dans les gneiss, tel est le cas des mines d'argent, d'étain, de cobalt, etc., qui se trouvent en Suède et en Allemagne, et aussi de quelques mines de plomb, de cuivre, de fer, etc. C'est encore dans ce terrain qu'existent les gisements les plus riches d'or et d'argent du nouveau continent. Le granit, qui forme la base des roches que nous venons de parcourir, renferme beaucoup de minéraux particuliers qui s'y trouvent, soit disséminés dans la masse, soit en veines. Ces minéraux y sont cependant moins abondants que dans les roches supérieures. Les métaux surtout y sont plus rares, et s'y présentent en veines ou en petits filons, souvent intimement liés avec la roche elle-même. Ils sont quelquefois très bien ré-

glés, mais ordinairement peu puissants. Les minéraux les plus communs dans le granit sont le titane rectile, l'étain oxydé, l'urane, le fer arsénical, le molybdène sulfuré, le wolfram, etc., tandis que l'or natif, le cuivre pyriteux et les pyrites y sont très rares.

TERRAINS DE TRANSITION OU TERRAINS INTERMÉDIAIRES.

Les roches qui forment la base de ces terrains participent abondamment aux caractères métamorphiques des roches, qui constituent les divisions supérieures des terrains précédents, de manière qu'il est souvent impossible d'établir entre les deux terrains une ligne de démarcation précise. Mais, dans les roches des terrains de transition, apparaissent pour la première fois des débris de corps organisés fossiles, et la présence de ces corps disséminés au moins de loin en loin et d'une manière irrégulière, aussi bien que la forme arénacée qu'affectent souvent les terrains de transition, suffisent pour distinguer ceux-ci des premiers.

Le GROUPE INFÉRIEUR des terrains de transition est représenté principalement par des roches schisteuses, grès ou schistes argileux de diverses natures, et par une sorte de calcaire compacte esquilleux, le tout en général dépourvu de fossiles, ou ne présentant qu'un très petit nombre d'individus et d'espèces, parmi lesquels on distingue quelques brachiopodes et zoophytes, et un céphalopode caractéristique que l'on a désigné sous le nom *d'endosiphonite*, dont le siphon est ventral, tandis que celui des ammonites est dorsal et celui du nautile central, ou presque central. Le groupe inférieur des terrains de transition est quelquefois désigné sous le nom de cambrien, que lui ont donné les auteurs anglais qui l'ont établi les premiers.

Le GROUPE MOYEN est occupé généralement à sa base par des quartzites, ou grès lustrés cristallins que l'on rencontre abondamment dans ces terrains. Viennent ensuite des schistes durs, plus ou moins fissiles, principalement de la variété que l'on connaît

sous le nom d'*ardoise ;* telles sont les ardoises d'Angers et des Ardennes, etc. Enfin, l'étage supérieur de ce groupe est occupé par un calcaire très fossilifère, toujours très compacte. Tel est celui des environs de Brest, de Dudley en Angleterre, si riche en fossiles, etc. Dans ce groupe apparaissent les trilobites, sorte de crustacés remarquables par leur organisation, leur forme et leur abondance dans ces terrains; on y observe aussi plusieurs autres fossiles non moins caractéristiques, tels que des orthocères, des bellérophons, des orthis, des productus, des spérifères, surtout une sorte de corail en forme de chaîne que l'on nomme *catenipora escaroïdes*, et un autre corps non moins singulier dont les bords sont taillés en dents de scie, connu sous le nom de graptolite. L'ensemble de ce groupe a été désigné sous le nom de terrain silurien, désignation aujourd'hui généralement admise par les géologues. Le terrain silurien, d'abord reconnu et étudié en Angleterre, a été ensuite retrouvé en différents points du globe, notamment en Russie, en Suède, en Norwége, dans l'Amérique septentrionale, etc. La Bretagne elle-même nous offre de beaux types de ce terrain.

Le GROUPE SUPÉRIEUR des terrains de transition est représenté principalement par des grès rougeâtres dont l'ensemble a été désigné sous le nom de *vieux grès rouge ;* c'est le système *devonien* des Anglais, ainsi nommé à cause du développement considérable qu'il présente dans le Devonshire. C'est dans ce groupe que gisent les anthracites de la Sarthe, des environs d'Angers, etc. Sa puissance, en de certains endroits, va jusqu'à plus de 3000 mètres. Il contient encore des bellérophons, des orthocères et quelques espèces de poissons fort remarquables, entre autres le *cephalaspis* dont la tête était recouverte d'une espèce de bouclier. Les deux groupes, moyen et supérieur, sont séparés du terrain houiller, par le système des ballons (Vosges) et des collines du Bocage de la Normandie ; la direction de leurs couches est E. 15° S. à O. 15° N.

TERRAINS SECONDAIRES.

Terrain houiller.

Immédiatement après le vieux grès rouge, le premier groupe que l'on rencontre est celui des *terrains houillers* ou *carbonifères*, ainsi nommés à cause des couches du minéral de ce nom qui s'y trouvent entremêlées en plus grande abondance que partout ailleurs, dans un état plus ou moins pur, avec des lits de grès, d'argile schisteux et de calcaire, toutes substances dont se compose l'ensemble de la formation. Quant au charbon combustible lui-même, il ne constitue qu'une petite proportion de la masse. Il n'y a pas d'ordre absolument constant dans la succession chronologique de ces diverses substances. On remarque toutefois que le calcaire en occupe plus généralement la base; au-dessus des bancs de calcaire alternent, à plusieurs reprises, les couches de houille, de schistes et de grès. Le calcaire carbonifère est généralement noirâtre, très compacte, recevant très bien le poli, il est employé comme marbre commun. Du reste, cette couleur noire des calcaires se rapporte tout aussi bien aux autres membres de la formation, et concourt à lui imprimer cette physionomie qui lui est propre et qui est si caractéristique dans certaines localités. Le calcaire carbonifère contient rarement de vrais dépôts de combustible; il est toutefois intimement pénétré de matières charbonneuses, et, dans quelques cas, il alterne avec des couches ou amas de houille. Les nombreux sondages que j'ai exécutés dans le Nord pour recherches de houille, me font un devoir d'engager les explorateurs à abandonner leurs recherches, lorsqu'ils ont atteint cette formation, attendu que, même dans le cas très rare de rencontre de charbon, les frais d'exploitation ne pourront pas couvrir la dépense occasionnée par l'avalleresse ou puits d'extraction. La présence du charbon dans cette roche, fait que souvent elle répand, par le choc ou le frottement, une odeur fétide. La stratifica-

tion de ce calcaire est nette et puissante; il renferme des métaux qui y sont plutôt disposés en amas, en druses, ou en veines qu'en véritables filons; c'est le gîte le plus ordinaire de la galène et de la blende; ce qui lui a fait donner par quelques géologues le nom de *calcaire métallifère*. Il est aussi caractérisé par ses fossiles, parmi lesquels nous distinguerons les évomphales, les spirifères, les orthocératites, les gomâtides, des polypiers caractéristiques, etc.

Au calcaire carbonifère succèdent les couches de houille inférieures qui alternent avec des grès, des argiles, des schistes argileux et diverses variétés de roches qui se rapportent à celles-ci. Ces dépôts présentent quelquefois une puissance considérable. Les dépôts houillers du nord de l'Angleterre ont offert jusqu'à 915 mètres d'épaisseur. Leur développement en étendue n'est pas proportionnellement aussi considérable; cette circonstance concorde du bien avec les théories admises pour expliquer l'origine et la formation des dépôts charbonneux. Les roches de la formation houillère ont, entre elles, une ressemblance remarquable par sa constance. Les grès y sont tantôt feldspathiques (*arkoses*), tantôt purs, tantôt plus ou moins argileux (*psammites*). Les argiles y sont à l'état terreux, ou schistoïde ou à l'état de phyllades. Le nombre des lits de houille dans un même lieu est quelquefois considérable, et va au-delà de quarante. Un des traits caractéristiques de cette formation est la présence du fer carbonaté lithoïde que l'on y rencontre en très grande abondance, en petits lits interrompus ou plutôt en nodules ellipsoïdes, aplatis, disséminés de préférence dans les phyllades et les argiles schisteuses; ces nodules sont souvent accompagnés de débris abondants de végétaux et renferment souvent eux-mêmes des corps organisés qui occupent leur centre; ils sont de formation contemporaine et plus abondants dans la partie supérieure du terrain houiller que dans ses parties inférieures. On rencontre dans ces dépôts quelques espèces minérales métalliques ou autres, mais elles n'y sont qu'accidentelles; du bitume presque pur en découle

quelquefois et provient de la distillation intérieure de la houille. Enfin l'on y trouve de l'anthracite, mais c'est principalement dans le voisinage des filons ou des agents plutoniens qui les traversent. Les minéraux sont assez rares dans le terrain houiller; l'on y remarque cependant du calcaire spathique, de la dolomie spathique, de la barytine, du quartz hyalin, de la galène et de la blende.

Les corps organisés fossiles du groupe houiller sont nombreux et caractéristiques. Ce sont, en grande partie, des débris de végétaux ou même des végétaux entiers des familles des prêles, des fougères, des lycopodiacées, etc., telles que *sigillaria, lepidodendron*, *calamites*, *stigmaria*, etc. La flore des terrains houillers présente ce caractère remarquable, que les végétaux qui la composent et qui avaient des dimensions gigantesques, ont aujourd'hui leurs analogues des zônes tempérées, mais réduits à l'état de plantes herbacées et rampantes; en second lieu, la comparaison des différents bassins connus jusqu'à ce jour sur plusieurs points du globe, porte à conclure que la flore houillère a été la même à cette époque, dans les pays compris sous la zône torride que dans nos contrées de la zône tempérée boréale. Les débris fossiles d'animaux y sont au contraire très rares.

Disons un mot sur l'origine présumée de la houille, et énonçons les deux théories un peu différentes, au moyen desquelles on a cherché à expliquer son mode de formation. On regarde généralement ce combustible comme provenant du dépôt de substances végétales qui ont subi une altération particulière. On est naturellement conduit à cette conjecture en considérant la grande quantité de carbone contenue dans les végétaux, et en se rappelant que les schistes qui accompagnent la houille portent de fréquentes empreintes de feuilles et branches. Les géologues ne conservent plus aucun doute à ce sujet; mais ils diffèrent d'opinion lorsqu'il s'agit d'expliquer l'origine des végétaux, qui ont ainsi donné naissance à des dépôts si considérables de combus-

tible. Suivant les uns, ces végétaux auraient été transportés de loin, amenés par des eaux courantes, et accumulés sur des espaces circonscrits, où ils auraient été recouverts par les sédiments qui alternent en grand nombre avec les couches de houille, sédiments charriés par les mêmes eaux, et dont l'abondance relative ou l'absence complète, variaient suivant la crue de ces mêmes eaux, suivant la rapidité du courant, ou d'autres circonstances. Cette théorie nous semble expliquer d'une manière plus satisfaisante que la suivante, les alternances quelquefois si nombreuses, de houille, de grès, d'argile, etc., que présentent certains bassins. Suivant d'autres géologues, la transformation des végétaux aurait eu lieu sur la place où ils auraient vécu. De vastes forêts, d'une densité impénétrable, et déployant tout le luxe de végétation qui paraît avoir caractérisé cette époque, couvraient les sols bas et les rivages immédiats des océans. Des causes quelconques ayant submergé ces forêts et les ayant recouvertes par des sédiments, les ont placées dans des conditions favorables à la transformation houillère ; des émersions consécutives de ces dépôts auront apporté au jour un nouveau sol, que n'a pas tardé à recouvrir une végétation abondante. On peut ainsi, par des submersions et des immersions itératives sur un même lieu, expliquer les alternances nombreuses dont il a été question ci-dessus. Mais l'examen du bassin houiller de Mons et d'Anzin prouve que cette théorie pèche par la base, et confirme au contraire pleinement celle du charriage.

TERRAIN PÉNÉEN.

FORMATION DU GRÈS ROUGE.

Cette formation du grès rouge, qui recouvre immédiatement le terrain carbonifère, peut être considérée comme une seule assise d'une épaisseur moyenne de 150 à 200 mètres, composée de conglomérats, de brèches, de poudingues et de grès ordinairement rougeâtres, qui alternent entre eux. Les lignes de stratification qui

divisent cette puissante assise en un grand nombre de couches sont déterminées soit par la grosseur des fragments agrégés, soit par leur nature minéralogique. Ces fragments anguleux, simplement arrondis, ou tout à fait roulés, varient en grosseur depuis plusieurs mètres cubes, jusqu'à celle de grains ténus qui forment les grès les plus fins. Il est à remarquer que les conglomérats où se trouvent les blocs les plus puissants forment toujours les parties inférieures. Du reste, la nature de ces blocs est en général facile à reconnaître, et l'on peut même déterminer souvent les localités d'où ils proviennent; car ce ne sont pas seulement des roches très dures comme les granits, les porphyres, le quartz; on y trouve aussi des schistes de toute espèce, des calcaires carbonifères (environs de Bristol, Devonshire). Les blocs sont généralement arrondis, surtout les plus tendres; mais l'on est surpris quelquefois du peu d'altération de leurs angles, et, dans ce cas, l'on reconnaît presque toujours qu'ils proviennent du terrain même sur lequel ils reposent, et que, par conséquent, ils n'ont pas été charriés pendant longtemps.

Le grès rouge, proprement dit, se compose de fragments anguleux ou arrondis de granit, porphyre, pétrosilex, quartz, de quelques millimètres et même de quelques centimètres, cimentés par une pâte rougeâtre argilo-ferrugineuse. Ce grès grossier peut devenir très fin et passer à l'arkose et au psammite schistoïde, tandis que des fragments plus gros, apparaissant dans un grès fin qui leur sert de pâte, le font passer au conglomérat. Ces roches, qui déterminent le caractère principal de toute la masse, alternent souvent avec des brèches ou des poudingues à petits fragments de schistes empâtés dans un ciment argileux. Les fragments y sont ordinairement plus arrondis, plus roulés que ceux des roches dures, et lorsqu'ils atteignent leur maximum de ténuité, la roche devient schistoïde, prend une apparence homogène, et passe même à l'argile schisteuse.

La stratification de cette formation est généralement obscure

et massive, du moins tant que les couches de grès fin schistoïde et d'argile schisteuse ne viennent pas la rendre plus nette. On n'y a reconnu que peu d'indices de débris organiques ; ce sont quelques végétaux brisés indéterminables, mais qui paraissent être analogues à ceux du terrain houiller. Enfin, comme présence des agents chimiques, on ne peut y citer que certains calcaires qui apparaissent sous forme de ciments, et de petits bancs accidentés : c'est une des formations de débâcle des mieux caractérisées. Ces caractères particuliers que présente cette formation dans les divers points de son développement, concordent parfaitement avec ce mode d'origine, en même temps qu'ils donnent les détails les plus intéressants sur les phénomènes locaux qui ont pu les déterminer, et les todtliegende constituent par leur nature, de même que par leur stratification souvent discordante, un horizon géognostique réel.

En Angleterre, le grès rouge forme une longue bande du N. E. au S. O., et les faits généraux qui résultent de son examen établissent que les fragments sont d'autant plus anguleux et d'autant plus gros, que les points d'où ils proviennent sont plus rapprochés, et que plus ils sont fins et roulés, moins les terrains houillers voisins présentent des traces de grandes perturbations qui puissent se rapporter à cette époque ; de plus, si l'on considère l'ensemble général des masses, les parties les plus inférieures présentent des fragments plus volumineux que les parties supérieures. Ces faits particuliers consistent dans la dislocation des calcaires carbonifères, qui ont souvent fourni une grande partie des matériaux, et dans les différences multipliées et instantanées de la grosseur des fragments qui rendent la stratification plus apparente et les couches plus nombreuses que d'ordinaire..., etc.

La formation du grès rouge, observée en Allemagne, retrace les mêmes faits généraux que celle de l'Angleterre ; c'est tantôt un conglomérat à gros blocs, tantôt un grès plus ou moins fin, tantôt ce sont de petites couches terreuses, qui passent à la marne ou à l'argile schisteuse. Les conglomérats sont composés des fragments

de terrains voisins. Les brèches et les poudingues présentent moins de liaison avec le terrain environnant. L'on trouve les alternances de grès et de conglomérats ; mais ce qu'on y apprécie mieux que partout ailleurs, c'est que plus le grain est fin, moins les fragments ont de rapports avec les roches voisines ; de là résulte le phénomène d'une liaison intime avec le terrain houiller lorsqu'il le recouvre.

En Thuringe, en Saxe, en Silésie, le grès rouge est souvent lié, de même qu'en Angleterre (Sommersetshire, Shropshire), à des porphyres qui s'intercalent dans les couches, en donnant lieu à des alternances des roches ignées et sédimentaires.

En France, le grès rouge se montre autour du massif de terrain ancien qui forme la partie centrale et culminante des Vosges ; il constitue généralement la partie inférieure des vallées, dont le couronnement est formé par le grès des Vosges (la formation intermédiaire du Zechstein n'étant pas représentée) : c'est un grès assez grossier, à texture assez lâche ; diversement coloré, surtout en rouge amaranthe, mais avec des parties jaunâtres ou d'un gris bleuâtre ; passant à une marne fissile et micacée qui présente quelquefois des cristaux de feldspath en décomposition. Certaines couches des plus inférieures passent à un conglomérat grossier et peu cohérent, formé de fragments de porphyres et de roches anciennes. Cette formation est sujette à manquer ou du moins à être considérablement réduite, et M. Élie de Beaumont, qui l'a décrite, signale comme points principaux de son développement les environs de Ronchamps, Villé, Raon-l'Étape et Saarbruck. A Raon-l'Étape, Villé, Sainte-Croix, elle se lie avec des porphyres rouges quartzifères, et des porphyres amphiboliques, ce qui complète l'analogie avec les grès rouges de l'Angleterre et de la Thuringe.

Dans le nouveau continent, M. de Humboldt a reconnu la formation du grès rouge au nord et au sud de l'équateur, en six points différents : dans la Nouvelle-Espagne, dans les steppes de Venezuela, dans la Nouvelle-Grenade, sur le plateau méridional

de la province de Quito, dans le bassin de Caxamarca, au Pérou, et dans la vallée occidentale de l'Amazone.

FORMATION DU ZECHSTEIN.

La formation du zechstein manque souvent; ainsi, lorsque l'on remonte la série des formations de Paris aux Vosges, l'on ne trouve aucune roche qu'on puisse y rapporter; il en est de même dans le midi de la France, et ce n'est que dans la partie nord (Calvados), peut-être en Bourgogne (Autun), qu'on trouve des calcaires et des schistes qui reproduisent, et par leur position, et par leur nature minéralogique, quelques-uns des caractères que présente cette formation dans la Thuringe, le Mansfeld, une partie du Harz, de la Hesse et de la Franconie, contrées classiques de son développement.

Dans ces contrées centrales de l'Allemagne, le grès houiller et le grès rouge sont recouverts par une série de couches calcaires et marneuses de couleurs foncées, dont l'épaisseur moyenne est d'environ 150 mètres. Elle peut y être regardée comme la première formation calcaire dans tout le pays au nord du Danube. M. Freiesleben, qui a décrit cette formation, la partage en deux étages. L'étage inférieur comprend des schistes marneux et compactes; l'étage supérieur, des calcaires poreux, cellulaires, et des calcaires fétides.

L'étage inférieur se subdivise lui-même en deux assises: la première est composée de trois variétés de schistes qui sont généralement superposés dans l'ordre suivant de bas en haut: le schiste sablonneux; le schiste marneux bitumineux; le schiste marneux pur. Ces schistes sont recouverts par la deuxième assise composée d'un calcaire compacte, gris cendre ou noirâtre, dur et tenace, qui est le zechstein.

Les schistes inférieurs sont des marnes schisteuses très fissiles. Ces trois variétés se superposent généralement dans un ordre assez constant. La couche intermédiaire au schiste marneux bitumineux est la moins puissante, elle a en moyenne $0^m,33$; mais elle

est remarquable à la fois par sa composition et sa continuité, qui en fait le meilleur horizon géognostique de la contrée. On la retrouve en des points distants de 150, 200 kilomètres et plus, et comme elle est généralement exploitée, elle a de tout temps attiré l'attention des géologues. C'est une marne imprégnée, en proportion variable, de bitume et de carbone qui peut, dit M. d'Aubuisson, constituer le dixième de la masse ; elle contient en outre du sulfure de fer, des pyrites de cuivre argentifère exploités, qui lui ont fait donner le nom de kupferschiefer. On y trouve aussi de la galène, de la blende, du cobalt arsenical et du bismuth. L'on y rencontre des empreintes de poissons (palœothrissum) en grande abondance, des restes de monitors, animaux du genre saurien, qui fréquentent les marais et le bord des rivières. Ces fossiles sont caractéristiques, non seulement pour la formation, mais particulièrement pour le kupferschiefer.

Le calcaire zechstein est compacte, enfumé, à cassure conchoïde, massif, accidentellement schisteux. Sa puissance varie depuis quelques mètres jusqu'à 20 et 30. Les substances métalliques y apparaissent aussi de temps en temps : pyrites cuivreuses, cuivre carbonaté, galène.

L'étage supérieur de la formation du zechstein se subdivise en deux assises, 1° le calcaire celluleux (rauwacke); 2° le calcaire fétide (stinkstein).

Le premier est un calcaire magnésifère dur et compacte, de couleur sombre, grisâtre ou noirâtre, celluleux et même caverneux. Ses cavités sont inégales, longues et étroites, couchées dans le sens de la stratification. La puissance de la couche est en raison du nombre et de la grandeur de ces cavités ; ce calcaire passe à la brèche.

Le stinkstein est compacte ou grenu, brun noirâtre ou verdâtre, bitumineux, essentiellement fétide par choc ou par frottement, massif, fragmentaire ou tabulaire; il passe aussi au calcaire bréchiforme. Quelquefois, dans sa partie supérieure, ce calcaire

devient tout à fait incohérent, friable et même pulvérulent, et contient des fragments disséminés de stinkstein qui conservent leur solidité. Ce calcaire friable est connu sous le nom de cendres (asche) : l'assise du stinkstein atteint une puissance de 1 à 30 mètres; elle contient, comme substances accidentelles, du gypse, du sel marin, du fer hydraté, de la chaux carbonatée pure en rognons friables et nacrés, quelques concrétions siliceuses.

La subdivision de cette formation en quatre assises se maintient assez bien dans tout le centre de l'Allemagne, mais sans que les lignes de séparation soient bien tranchées ; car toutes sont susceptibles de se fondre les unes dans les autres, de manière que les caractères distinctifs s'éteignent graduellement.

FORMATION DU GRÈS DES VOSGES.

Les montagnes centrales des Vosges sont bordées par des rangées plus ou moins continues de montagnes ou plateaux à formes carrées qui sont composées de grès rouge dans leur partie inférieure, mais dont la partie supérieure est formée d'un autre grès, dit grès des Vosges. Du côté du sud et de l'est, ces grès forment une ceinture étroite, découpée, souvent interrompue par de profondes vallées et présentant partout des pentes rapides et escarpées. Dans les lacunes, on aperçoit de temps en temps de grandes quilles, qui sont restées là comme témoins de la formation des grès, et dont les lignes de stratification se raccordent entre elles et avec celles des montagnes à plateaux les plus voisines. Vers le nord-ouest, cette ceinture est large et continue : c'est un vaste plateau qui forme toute la partie nord des Vosges; les couches plongent légèrement vers l'ouest-nord-ouest et vont se perdre sous les formations postérieures de la Lorraine.

Le grès des Vosges, dit M. Élie de Beaumont, se compose de grains amorphes de quartz, incolores et translucides, souvent d'apparence cristalline, à facettes miroitantes, de grosseur variable, depuis celle d'un grain de millet jusqu'à celle d'un grain

de chènevis. La surface de ces grains reflète vivement les rayons du soleil ; elle est ordinairement recouverte d'un léger enduit d'oxyde de fer rouge ou hydraté. Le ciment est le fer hydraté, ou bien il est complétement invisible; mais alors il arrive que la roche a très peu de consistance. Au milieu des grains de quartz, l'on en voit souvent d'autres d'un blanc mat, opaque, plus anguleux et moins solides, qui sont du feldspath, quelquefois en décomposition. Les couleurs les plus ordinaires de la roche sont le rouge pâle ou foncé, le violet, le jaune ocreux ; il se divise naturellement en gros blocs, irrégulièrement pseudo-réguliers. Ces blocs paraissent eux-mêmes très souvent composés de feuillets un peu courbes et non parallèles à la ligne de stratification. Les couches diffèrent les unes des autres par la diversité des nuances, accompagnée ordinairement de variations dans la cohésion, par de petites différences dans la grosseur des grains, et surtout par l'abondance plus ou moins grande de galets qui ont jusqu'à $0^m,1$ de diamètre et qui en font quelquefois un véritable poudingue à pâte de grès. Ces galets sont de quartz blanc, gris rougeâtre et rouge, à cassure inégale, quelquefois traversés par des veines de quartz blanc, contenant des paillettes de mica ; ils caractérisent le grès des Vosges.

Ces grès reposent sur le grès rouge, mais il y a fréquemment passage insensible entre les deux roches.

La stratification du grès rouge et du grès des Vosges paraît généralement concordante. M. de Beaumont a seulement remarqué que, d'après les niveaux bien plus élevés qu'atteint souvent le grès des Vosges, on peut supposer que les deux formations ont été séparées par des mouvements du sol qui auraient élevé le niveau des eaux. Peut-être, dit-il, pourrait-on penser que le grès des Vosges qui, par sa position et ses caractères, occupe une place intermédiaire entre le grès rouge et le grès bigarré, est une formation parallèle au zechstein de l'Allemagne et au calcaire magnésien de l'Angleterre. Ne pourrait-on pas admettre que cette formation calcaire et le grès des Vosges proprement dit s'excluent

mutuellement? En effet, non seulement il n'existe pas de Zechstein dans les Vosges, dans la Forêt-Noire et dans les autres systèmes du midi de l'Allemagne, où le grès des Vosges se montre; mais on remarque encore qu'en Angleterre, dans les parties du Cheshire, du Lancashire, du Cumberland, où certaines couches du new-red-Sandstone présentent des caractères minéralogiques semblables à ceux du grès des Vosges, le calcaire magnésien n'existe pas; tandis que, dans les parties du sud et du nord de l'Angleterre, où le calcaire magnésien existe, aucune des couches du nouveau grès rouge ne se présente avec les caractères qui distinguent essentiellement le grès des Vosges.

Dans ce cas, le terrain pénéen ne serait représenté que par deux formations, celle du grès rouge et celle du zechstein et du grès des Vosges, susceptibles de se remplacer, mais ne pouvant exister toutes deux à la fois.

L'on n'a point trouvé dans le grès des Vosges de débris organiques, pas même des végétaux analogues à ceux du grès rouge. M. de Beaumont faisant concorder ce fait avec la nature même du grès, en infère que, peut-être, les éléments constituants se sont accumulés beaucoup plus rapidement qu'ils n'auraient pu le faire s'ils avaient dû leur origine uniquement à l'action érosive des eaux; de telle sorte qu'ils auraient été en partie formés par voie de précipitation chimique et de cristallisation confuse dans une eau troublée par des courants chargés de détritus. Cette hypothèse résume d'une manière très heureuse les différences à établir entre le grès rouge, roche conglomérée, roche de transition par excellence, et le grès des Vosges, dont la nature se prête très bien à la supposition d'une action chimique qui aurait contribué à le former concurremment avec les matières charriées (feldspath, grains roulés et galets de quartz).

Terrain du tryas.

Des grès bigarrés. Cette formation est composée principale-

ment de grès brunâtres ou rougeâtres, de psammites (grès argilo-micacés) bigarrés, de macigno et de marnes bigarrées. La plupart de ces roches contenant du mica en proportion notable, présentent généralement une tendance à se déliter en feuillets. Ses limites sont peu tranchées, car le calcaire conchylien et même le gypse et le sel marin du keuper, se montrent quelquefois comme roches subordonnées dans sa partie supérieure, et inférieurement il se confond soit avec les grès du terrain pénéen, soit avec les psammites du terrain houiller. Les grès bigarrés renferment peu de débris organiques; et ceux-ci, qui sont généralement des végétaux, paraissent se retrouver dans les terrains inférieurs et supérieurs à ce terrain. Il est en général très nettement stratifié et se trouve assez répandu à la surface du globe. Il forme des massifs assez développés le long des Vosges; on le remarque à Bourbonne-les-Bains, Sarrebruck, Plombières, etc.

Le *muschelkalk*. Ce groupe des terrains du tryas est un de ceux qui manquent le plus souvent; on ne le connaît ni en Angleterre, ni dans le nord de la France et de l'Allemagne; mais il est caractérisé d'une manière très tranchée par la nature de son calcaire, par l'absence de toute matière métallique et par le grand nombre de débris organiques qu'il renferme. Ses limites sont établies avec assez de précision par les marnes du keuper en dessus, et les roches siliceuses du grès bigarré en dessous. Le calcaire conchylien est entièrement compacte, indiquant un sédiment fin et tranquille; il est nettement stratifié, mais il présente en général une étendue fort limitée.

Keuper ou marnes irisées. Ce groupe est représenté principalement par des roches marneuses et argileuses. Il est surtout remarquable parce que c'est le gîte principal et le plus ordinaire du gypse strié et du sel marin rupestre. C'est dans ce groupe, lors même qu'il ne renferme pas de sel marin en couches, que paraissent prendre naissance les sources salées, beaucoup plus fréquentes

que le sel marin. Il contient en roches subordonnées un grès avec des empreintes végétales assez nombreuses, et des argiles employées pour la poterie. Le gypse et le sel sont plus abondants dans ses parties inférieures que dans ses parties supérieures. Ce groupe présente un développement considérable dans le Doubs, le Jura, à Salins, à Lons-le-Saulnier, etc., dans les départements de la Haute-Saône, de la Meurthe, de la Moselle, des Vosges, etc., dans le Wurtemberg, le grand duché de Bade, sur plusieurs points de l'Allemagne, etc.

Terrain du lias.

Immédiatement au-dessus du tryas, se trouve, dans l'Allemagne occidentale, dans toute la France, dans l'Angleterre et dans d'autres pays, un groupe de terrain tout-à-fait distinct par ses caractères minéralogiques, et surtout par les générations organiques qui vivaient dans les mers et sur la terre à l'époque de sa formation. Ces caractères sont nombreux, importants et tranchés. Ce groupe de terrains est représenté en presque totalité par des calcaires et des argiles. Sa base est occupée par un système de grès qui n'existent pas constamment dans ce terrain et qui ont été nommés grès à carreau (*quadersandstein*) dans de certaines localités de l'Allemagne, à cause de la propriété qu'ils ont de se diviser assez régulièrement en dalles quadrilatérales.

Le calcaire du lias est généralement marneux, d'un gris bleuâtre, compacte. C'est dans cette roche que se trouvent le plus grand nombre d'espèces de coquilles et d'espèces de minéraux. Parmi ces coquilles, on remarque principalement l'*ammonites Bucklandi*, un plagiostome d'un volume remarquable (*plagiostoma giganteum*) et une gryphée qui s'y trouve en abondance extraordinaire, la *gryphæa armata*. Les vertèbres y sont représentés par des débris nombreux de sauriens, parmi lesquels des cithyosaures et des plesiosaures, dont on rencontre si souvent des fragments de vertèbres ou de côtes, au sein de ces couches; cette formation est sou-

vent puissante, elle s'emploie comme marbre commun dans les Ardennes.

Les argiles du lias sont également caractéristiques de ce terrain.

C'est dans les calcaires et la marne inférieure, constituant le lias à gryphée arquée, que se poursuit le sondage de Donchery, depuis la profondeur de 206 mètres, jusqu'à la profondeur actuelle de 335 mètres (au 15 août 1846). C'est, de même que le calcaire sableux, une alternance de bancs en calcaire et marnes argileuses.

Le lias agriphite est l'étage caractéristique du terrain liasique en général. En Angleterre les couches calcaires du lias ont une puissance de 15 à 25 mètres; les couches inférieures y sont d'un calcaire blanc, tandis que le reste de la masse présente une couleur bleue.

La partie inférieure du lias est représentée, dans certaines parties au sud-ouest et au sud-est de la France, par des marnes ou des calcaires marneux et par des grès feldspathiques, appelés arkoses. Les arkoses occupent la partie inférieure, surtout lorsque la formation recouvre immédiatement le granit. Les arkoses sont l'objet d'exploitations pour l'oxyde de chrôme dont leurs fissures sont pénétrées.

Terrain jurassique et oolithique.

Ces terrains ont été ainsi nommés, parce qu'en Angleterre et en divers autres lieux où ils ont été originairement examinés, on a trouvé que les calcaires qui en dépendent avaient une structure oolithique, ou analogue à la formation des chaînes du Jura. Ces terrains sont compliqués, difficiles à distinguer dans leurs subdivisions; on peut toutefois assez naturellement les partager en trois étages : *inférieur*, *moyen*, *supérieur*. Ces marnes, que nous avons vues terminer supérieurement le lias, passent à des couches sableuses par lesquelles commencent ordinairement les couches de l'étage oolithique inférieur. Cet étage est le plus compliqué des trois; car il ne consiste pas simplement en une

partie argileuse surmontée par une partie calcaire, comme les autres étages. Cette formation, parfaitement décrite par MM. Sauvage et Buvigner, dans la statistique des Ardennes, a été traversée par nous dans le sondage de Donchery sur une épaisseur de 133 mètres; elle présente des difficultés très grandes, et certaines parties ont une dureté métallique; les calcaires et les marnes y dominent successivement plusieurs fois de manière à la subdiviser en assises qui sont, à partir du lias : 1° les sables de l'oolithe, couronnés par les calcaires dits *oolithe inférieure;* 2° une assise argileuse qui a pris le nom de terre à foulon (*fullers earth*), à cause d'une petite couche de cette argile qui existe souvent dans la partie moyenne; 3° une assise de calcaire ordinairement oolithique appelée (*grande oolithe*) ; 4° une assise argileuse (*bradford clay*); 5° une assise calcaire mélangée de sables et d'argiles désignée sous le nom de (*forest marble*); 6° enfin un calcaire marneux (*corn-brash*). L'étage oolithique moyen est d'une composition beaucoup plus simple ; il commence au dessus du combrash par une puissante assise argileuse, connue sous le nom d'argile d'Oxford (*oxford clay*) recouverte par des sables et grès calcaires (*calcareous grit*) qui passent à l'assise calcaire supérieure appelée *coral rag*.

L'étage supérieur présente une disposition tout à fait analogue. Il commence par un dépôt argileux, l'argile de kimmeridge (*kimmeridge clay*), laquelle est couverte par des sables siliceux et calcaires, à bassin calcaire supérieur, dite oolithe de Portland (*portland stone*), de sorte que ces deux derniers étages présentent parfaitement la division en assise argileuse couronnée par une assise calcaire. Chacune de ces divisions est caractérisée par quelque fossile propre : l'étage oolithique inférieur par les *nautiles pectus*, *ammonites*, *belemnites*, *troches*, *nérites*, etc.; l'Oxford clay par la *gryphœa dilatata*, le coral rag par la grande abondance de polypiers qu'il contient; le kimmeridge clay par l'*ostrœa deltoïdœa*, le calcaire portlandien, par l'*ammonitas triplicatus*, etc.

Terrain jurassique.

Le terrain jurassique forme sur le sol de la France une espèce de ceinture qui entoure les terrains crétacés du nord-ouest de ce pays; ce pourtour apparent est limité par la Manche dans la partie nord-est et, dans la partie nord, par le bassin tertiaire de Bruxelles et les terrains anciens du Hainaut.

Dans la partie septentrionale de l'Angleterre, le terrain jurassique entoure de même les terrains superposés, crétacés et tertiaires de Londres.

Le long des terrains primitifs de la Bretagne, la bande jurassique est assez étroite; elle s'élargit dans le Poitou, où elle se réunit au massif qui forme la bordure du bassin crétacé du sud-ouest de la France; elle se prolonge ensuite dans le Berry et dans le Nivernais, le long du grand plateau primitif du centre de la France, prend un nouveau développement dans la Bourgogne et dans la Lorraine, où elle se met en communication avec la chaîne du Jura, interposée entre les terrains primitifs du centre de la France et ceux des Alpes. Lorsque la ceinture qui nous occupe arrive près des terrains primitifs de l'Ardenne, elle se rétrécit en se courbant vers l'ouest et se perd aux environs d'Hirson (Aisne).

Le terrain jurassique ayant formé un dépôt d'une étendue immense que les soulèvements sont venus disloquer, on le trouve en assises épaisses et régulières, peu inclinées dans les pays de plaines, tels que la Franconie, la basse Normandie, le Poitou, la Saintonge, la Bourgogne, la Lorraine; il est au contraire en couches fortement inclinées et quelquefois brisées ou renversées sur les chaînes de montagnes dans les Cévennes, les Alpes, le Jura, les Apennins. Du côté de Salins les assises supérieures de ce groupe reposent immédiatement sur les marnes irisées du terrain keuprique. Dans les départements du Doubs, du Jura, de Vaucluse, du Var, et presque partout où le calcaire jurassique est bien dé-

veloppé, l'on remarque une grande quantité de sources abondantes que l'on emploie utilement à l'agriculture ou à l'industrie, comme force motrice; la fontaine de Vaucluse donne naissance à une véritable rivière, il en est de même des sources de la Sorgue. Dans les départements du Jura et du Doubs il existe des sources représentant la force de plusieurs centaines de chevaux, en raison de leur volume et de leur hauteur de chute.

Des sondages ont été quelquefois pratiqués dans l'épaisseur des terrains jurassiques; celui de Verdun a pénétré jusqu'à 127 mètres dans la partie supérieure de l'oxford clay, et a été abandonné à 124 mètres 60 centimètres sans autre motif, de la part de la ville, que la crainte d'une trop grande dépense. Le sondage de Romagne-sous-les-Côtes, dans le même département, a été commencé dans la partie moyenne du même terrain et poussé jusqu'à 200 mètres. En considérant l'ensemble de ces deux sondages, la puissance de l'oxford clay, dans la localité, serait de plus de 250 mètres, car nous n'avions pas encore atteint à Romagne le calcaire du corn-brash, autre système qui s'interpose entre celui qui nous occupe et le bradford clay ou la grande oolithe, et dans lequel un sondage pour recherche d'eau a été poussé à Etain (Meuse), à la profondeur de 80 mètres, si nous sommes bien renseigné, mais qui jusque-là ne devait pas amener de résultat, attendu que vers ce point les calcaires de ce système se trouvent à la surface du sol et perdent les eaux d'infiltration que leurs affleurements sont susceptibles de recueillir. Il en est tout différemment à Romagne où 200 mètres d'argiles superposent le même corn-brash, là, on aurait sans doute rencontré des eaux jaillissantes au passage de l'oxford clay au corn-brash.

Terrain crétacé.

La limite supérieure de ces terrains est déterminée avec assez de précision; il n'en est pas toujours de même de ses limites inférieures. Ces limites sont fondées sur les caractères que l'on

regarde comme les plus importants en géologie, les rapports de stratification, et les espèces des corps organisés fossiles; par ceux-ci, il se distingue essentiellement des terrains de sédiment supérieurs, car il renferme un très grand nombre de genres qu'on n'a pas encore reconnus dans ces terrains, tandis qu'il ne se distingue des terrains inférieurs que par des espèces ou par quelques genres peu éloignés les uns des autres. La nature des roches dominantes dans ce terrain est le calcaire et calcaire marneux; des roches siliceuses s'y rencontrent aussi en assez grande abondance, soit à l'état de silex, soit à l'état de grès. Il est très pauvre en minerais métalliques, et encore ces minerais ne s'y rencontrent jamais à l'état de filons, veines ou amas; ils y sont disséminés, ou en nodules, ou en lits subordonnés, tels sont les minerais de fer qui s'y trouvent à l'état de fer hydroxydé, soit compacte, soit concrétionné, soit oolithique. L'un des traits géologiques les plus remarquables de ces terrains, celui qui est en quelque sorte l'un des plus caractéristiques, est l'existence de cavernes ou cavités de diverses formes, et en particulier des dépressions, fissures ou fentes souvent remplies de minerai de fer pisolitique. Un autre caractère non moins remarquable de la plupart des roches qui composent ce terrain, c'est la présence des grains chloriteux qu'elles renferment presque toutes et dans quelques-unes d'entr'elles, de silex pyromaques ou cornés, noduleux, tels que les pyromaques de la craie, les chairs des grès verts, etc. Du reste, la physionomie du terrain crétacé, dessinée d'après ces divers caractères, n'est pas constante et uniforme dans toutes les localités.

Le terrain crétacé a été diversement subdivisé d'après les observations les plus récentes, et, en faisant concorder tous les moyens d'appréciation géognostiques, on est conduit à le subdiviser en deux formations; celui de la craie inférieure et celui de la craie supérieure. La craie inférieure est représentée par les étages suivants : 1° étage des grès et sables ferrugineux; étage néocomien, étage wealdien; 2° étage des grès verts; 3° étage de

la craie tuffeau. La craie supérieure se subdivise en deux étages : 1° craie avec silex ; 2° craie sans silex.

FORMATION DE LA CRAIE INFÉRIEURE.

I. *Grès et sables ferrugineux*. C'est une assise presqu'entièrement arénacée, composée des roches que son titre indique. Elle est surtout développée en Angleterre, où ces roches alternent généralement avec une argile sableuse, grisâtre ou rougeâtre, dont la partie supérieure passe quelquefois au grès calcaire ou même au calcaire. Dans la partie inférieure, on trouve quelquefois des gisements assez abondants de fer hydroxydé.

Le terrain crétacé inférieur est représenté dans le Jura, et notamment dans la Franche-Comté, le pays de Neuchâtel, le pays de Vaud, etc., sur plusieurs points du sud-est de la France, et ailleurs par des dépôts particuliers, en grande partie marneux et calcaires et que l'on a désignés sous le nom de *terrain néocomien*. Ces dépôts s'appuient sur le terrain jurassique en stratification légèrement discordante, et par conséquent en couches fortement inclinées. Le calcaire en est généralement jaune et compacte. Les marnes sont souvent intercalées entre deux assises calcaires ; il y a des bancs de ce calcaire qui sont mélangés d'argile et d'une quantité de petits grains de limonite, suffisante pour qu'on l'exploite comme minerai de fer. Les dépôts de limonite en grains et pisolitique de la partie occidentale de la Franche-Comté paraissent appartenir à ce terrain.

L'argile wealdienne (weald-clay) est une puissante formation argileuse ou argilo-schisteuse, qui est, comme les sables ferrugineux, principalement développée en Angleterre; elle contient aussi des lits de minerais de fer terreux dont quelques-uns sont exploités. Dans sa partie inférieure, elle devient sableuse, et passe à l'assise arénacée des grès ; le même phénomène se répète quand elle passe au grès vert. Elle contient des fossiles d'eau douce, par exemple, des empreintes de *cypris* ; c'est une formation purement

locale, et, sans aucun doute, il faut réunir en un seul et même terrain, à la fois les sables ferrugineux, les calcaires néocomiens, et les argiles du Weald, dont les dépôts ont été synchroniques. Et du reste, déjà depuis longtemps, les grès ferrugineux et les argiles wealdiennes avaient été réunis en un seul groupe désigné sous le nom de terrain wealdien, qui comprenait, outre les deux membres ci-dessus, à sa base, une sorte de calcaire compacte, fin, très coquillier, sous forme de lumachelle, très employé comme pierre de construction, comme pierre à paver, à Londres, et comme marbre ; c'est le calcaire de Purbeck.

II. Etage des *grès verts*. Cet étage se compose de trois assises, que l'on pourrait à la rigueur considérer comme un seul tout arénacé contenant une assise marneuse, ce sont : le grès vert inférieur, la marne bleue intermédiaire (*gault*), le grès vert supérieur. Les grès sont à grains fins, tantôt fortement agglutinés, tantôt lâches et sableux, tantôt à l'état de sables friables. Ils sont ferrugineux dans leur partie supérieure, tandis que la partie inférieure contient beaucoup de grains verts de chlorite. Le *gault* est une marne bleuâtre ou grisâtre plus ou moins rude ou dure au toucher, plus ou moins délayable, et qui est généralement plus pauvre en fossiles que les grès qui l'accompagnent.

III. Un 3e étage de la formation crétacée inférieure est représenté par une sorte de roche crayeuse d'un blanc jaunâtre, plus ou moins parsemée de grains chloriteux qui la font passer à la craie glauconieuse supérieurement et aux sables verts inférieurement; elle renferme, en beaucoup de points, des silex blonds ou cornés, d'une solidité variable, et que l'on nomme la *craie tuffeau*. Elle est exploitée comme pierre de construction dans la Touraine, ainsi que pour l'amendement des terres.

Les sondages exécutés à Tours m'ont fait reconnaître que la puissance des grès et sables verts atteignait souvent 100 mètres ; de la partie inférieure, les eaux jaillissantes ont amené au jour des lignites et de l'ambre dont quelques fragments étaient aussi

beaux que ceux que l'on rencontre sur les bords de la Baltique.

FORMATION DE LA CRAIE SUPÉRIEURE.

I. *Craie sans silex*. Il n'existe pas de limite bien tranchée entre cet étage et celui de la craie caractérisée par l'abondance des silex. L'étage supérieur, généralement plus ou moins terreux ou friable, renferme un grand nombre de rognons de cette substance, disposés en couches ou disséminés dans la masse. Ces silex deviennent successivement moins abondants à mesure que l'on s'enfonce, et disparaissent dans la partie inférieure où la craie est assez cohérente pour être employée comme pierre à bâtir. Les fossiles distinguent à peine les deux étages qui sont séparés l'un de l'autre, plutôt par les localités qu'ils occupent que par de véritables caractères de classification géologique. La bande crétacée qui s'appuie sur le versant méridional des montagnes anciennes du centre de la France, représente assez bien la craie inférieure. Les calcaires qui la composent sont souvent durs et cristallins, et d'autres fois tendres et friables.

II. *Craie avec silex*. La roche qui forme la base sur laquelle reposent les terrains tertiaires parisiens offre le plus beau type de cet étage. Ses caractères sont connus de tous. Il est inutile de répéter que sa position, ses caractères lithologiques, l'abondance des belemnites et des ananchites, la fréquence, la forme et la distribution des silex, la distinguent facilement de tous les autres systèmes crétacés qui lui sont inférieurs. Cette formation présente, à Chartres, des lits successifs de silex parfaitement horizontaux et espacés entre eux de 40 à 60 centimètres.

Le terrain crétacé, tel qu'il a été observé en France, occupe dans le nord-ouest de cette contrée une espèce de grand bassin, ou plutôt de golfe, séparé de celui de l'Angleterre par la Manche, lequel se perd, du côté du nord, sous les terrains tertiaires du bassin de Bruxelles ou sur les terrains primordiaux du Hainaut, et qui, de tous les autres côtés, s'appuie sur le terrain jurassique. Ce bassin,

dont le grand diamètre a près de 50 myriamètres de long, est recouvert dans sa partie centrale par le bassin tertiaire de Paris, autour duquel le terrain crétacé forme comme une ceinture.

Différentes circonstances, notamment la présence de quelques sommités jurassiques qui percent au milieu de la craie, annoncent que la surface interne du terrain crétacé est plus inégale que sa surface externe.

Les différentes assises de ce groupe sont, comme celles du précédent, irrégulièrement disposées dans chaque contrée ; tantôt elles prennent un grand développement sur un point, tantôt elles s'amincissent et disparaissent sous un autre ; c'est ainsi que, dans le nord de la France, dans les départements du Pas-de-Calais, de la Somme, du Nord, etc., la partie inférieure du terrain crétacé n'est représentée que par les argiles du Gault et une mince couche de marne glauconieuse, et enfin le tourtia qui repose sur le terrain houiller ; les sables et grès de cet étage y manquent complétement. En général, l'on remarque qu'en France les différentes assises du terrain crétacé se relèvent successivement du midi au nord, de sorte que, dans sa partie méridionale, c'est la partie inférieure de ce groupe qui est la plus développée, tandis que, dans le nord, la craie compacte a une grande épaisseur et constitue le sol de provinces entières, telles que la Picardie et la Champagne : nous donnerons au chapitre des puits artésiens les délimitations de la ceinture que forme, autour du dépôt tertiaire parisien, le terrain crétacé qu'un sondage a exploré à Paris jusqu'à la profondeur de 547 mètres, où il a touché le reste des sables verts contenant des eaux jaillissantes qui sont aujourd'hui distribuées dans plusieurs quartiers de la ville. Dans le Pas-de-Calais de nombreux sondages ont fait reconnaître que la base reposait sur le calcaire carbonifère ; l'assise est la même dans la partie du nord qui passe par Cambrai, Douai et Lille ; dans la partie de ce département qui s'étend de Bouchain et Douai à Valenciennes et Condé, elle repose, comme dans le bassin de Mons, sur le terrain houiller ; du côté de Tours,

Saumur et Châtelleraut, elle est assise, comme dans la Haute-Marne, sur les formations du calcaire jurassique.

Dans le département des Ardennes, le terrain crétacé repose en partie sur le kimmeridge clay et sur le calcaire à astartes; en partie sur le coral rag et sur l'oxford clay du terrain jurassique; la partie inférieure, celle des grès verts, offre une puissance moyenne de 70 mètres, tandis que celle de la craie proprement dite est de 250 et même 400 mètres. Dans cette partie nord-est, ce terrain crétacé atteint des hauteurs de 200 à 300 mètres au-dessus de la mer, tandis que, dans l'ouest et le midi, les altitudes sont beaucoup moins sensibles.

En Suisse et en Savoie, dans le canton de Berne, à Entrevernes, etc., on remarque des gisements d'une houille qui a souvent tous les caractères minéralogiques et de combustibilité de celle du terrain houiller proprement dit. Le gisement de lignite dans les grès verts de l'île d'Aix, dans le sud-ouest de la France, est aussi un fait anormal dans le terrain crétacé.

Enfin, la craie, ou plutôt le terrain crétacé, livre différents produits à l'exploitation : les pierres à bâtir, le minerai de fer que l'on utilise dans le département des Ardennes, l'ocre des sables de la Sologne, etc.

La craie blanche de Meudon est mélangée avec de l'argile plastique que l'on trouve aussi dans la même localité et forme une excellente chaux hydraulique. C'est à M. Vicat qu'est dû cet ingénieux moyen de fabrication.

TERRAIN TERTIAIRE.

Le terrain tertiaire se rapporte à l'une des périodes géologiques dont l'histoire nous est la mieux connue, et dont la représentation est la plus facile à décrire. En effet, cette période a précédé immédiatement les temps actuels; les phénomènes qui ont présidé à la formation des dépôts qui la représentent, ont eu avec

ceux qui se passent encore aujourd'hui sous nos yeux, toute l'analogie qui lie entre eux des événements successifs et à peine interrompus. Ces phénomènes sont donc faciles à comprendre, et leur description est simple, car elle se déduit en partie de l'histoire des causes actuelles. Aussi voyons-nous souvent les plus grandes ressemblances de structure et de composition entre les couches tertiaires et les dépôts modernes, et si ce n'était l'inclinaison ou la direction de ces couches, et surtout leurs caractères organiques, qui, ici plus que dans tous les autres terrains, fournissent d'abondants et utiles secours, on aurait souvent peine à distinguer les uns des autres.

La période pendant laquelle les terrains tertiaires se sont déposés a été longue, si l'on en juge par l'épaisseur des formations, ou, mieux encore, par la lenteur qui a dû présider à ces mêmes formations; car, nous le répétons, la surface du globe, pendant l'époque tertiaire, se rapprochait sensiblement de l'époque actuelle, où les forces modificatrices et génératrices sont évidemment moins énergiques que dans les temps antérieurs. En présence d'une si longue période, régulièrement continue, et pendant laquelle les révolutions intérieures, moins fréquentes et en même temps moins énergiques, agissaient à peine sur la succession des dépôts et sur les changements de condition des êtres animés contemporains, il est facile de prévoir la difficulté que présenteront les subdivisions et la classification. Cette difficulté s'accroît encore par la fréquente disposition du terrain tertiaire en bassins isolés et indépendants les uns des autres, de sorte que, lors même que l'on trouve dans ces bassins des dépôts analogues, la simultanéité de ces dépôts ne peut être que présumée.

Les débris organiques qui ont déjà avantageusement servi pour caractériser le groupe des terrains tertiaires dans leur ensemble, serviront plus utilement encore à en caractériser les divisions. Les degrés d'analogie que présentent ces êtres organiques avec ceux qui peuplent aujourd'hui nos mers, ou habitent à la surface

des terres, ont fourni les points de départ d'après lesquels on a d'abord cru pouvoir diviser tous ces terrains en trois groupes : *inférieur*, *moyen* et *supérieur*. Nous citerons ici, d'après M. Deshayes, les principales localités où chacune de ces divisions se trouve représentée, et les chiffres des fossiles *analogues* ou *identiques* aux êtres actuellement vivants, qui se rapportent à chacun des groupes.

« Le *groupe inférieur* comprendrait une grande partie des dépôts tertiaires des environs de Paris, ceux de Londres et Bruxelles, ceux de Valognes, ceux de l'île de Wight en Angleterre, une petite partie de ceux de la Gironde, la plus grande partie des dépôts du Vicentin, etc. Sur environ 1400 espèces de coquilles que l'on a trouvées jusqu'ici dans ces divers dépôts, il y en a 38, ou à peu près 3 pour 100, qui ont actuellement leurs analogues; sur ce nombre 12 appartiennent exclusivement à ce groupe; 42 espèces se retrouvent dans les formations postérieures. Les 38 analogues actuelles sont réparties dans toutes les latitudes; le plus grand nombre appartient cependant aux régions intertropicales.

« Le *groupe moyen* se composerait des assises supérieures du bassin parisien (grès de Fontainebleau et meulières supérieures), des dépôts arénacés très coquilliers connus sous le nom de *faluns*, de la Touraine et de la Loire; d'une partie du bassin de la Gironde, de celui de Dax, de l'Autriche, de la Hongrie, de la Pologne, et d'une très petite partie des collines tertiaires subapennines, c'est-à-dire les environs de Turin. Sur 900 espèces trouvées dans ces divers dépôts, 161, c'est-à-dire 18 pour 100, ont leurs analogues vivants; 173 ont continué de vivre dans le groupe postérieur. Les analogues vivants se trouvent dans toutes les latitudes; mais encore préférablement entre les tropiques.

« Le *groupe supérieur* comprendrait les collines subapennines, les dépôts tertiaires de Sicile, ceux de la Morée, le petit bassin de Perpignan, le *crag* de l'Angleterre, les sables des Landes, les alluvions anciennes de la Bresse, les tufs à ossements de l'Au-

vergne, etc. Sur 700 espèces signalées, plus de la moitié ont leurs analogues vivants, et ces analogues existent précisément dans les mers voisines des dépôts où ils se trouvent. »

Les caractères lithologiques de chacun de ces groupes sont difficiles à préciser. En général, ce sont des dépôts plastiques, des poudingues, grès, sables, argiles, des calcaires plus ou moins grossiers, et l'ensemble de la formation indique assez bien un dépôt de transport ou de sédimentation peu tranquille, à l'exception toutefois des travertins siliceux ou calcaires qui dominent, surtout dans les groupes supérieurs, et de quelques autres substances que nous citerons bientôt. La disposition de ces terrains est en général régulière, la stratification bien prononcée, les couches peu inclinées. Les substances minérales accidentelles que l'on y rencontre sont des silex de diverses variétés, du gypse dont l'existence est assez constante dans les terrains tertiaires de tous les pays, de la strontiane sulfatée, du gypse natif, du fer pyriteux de la variété que l'on nomme sperkise, et, dans quelques endroits, des lits de combustible qui appartiennent constamment aux lignites.

Le terrain tertiaire ne forme que des collines, des monticules et des plateaux peu élevés dont le plus haut niveau ne paraît pas dépasser 900 mètres, dans ce qu'on peut nommer sa position normale. Les pentes de ces collines sont généralement douces, et, quand elles présentent des terrasses ou des escarpements, ils sont peu hauts.

L'étude des terrains tertiaires est peut-être celle qui nous intéresse le plus vivement parmi tous les autres terrains stratifiés. Et en effet, ils sont universellement répandus sur la surface du globe, ils occupent les divisions supérieures de la série sédimentaire, ce sont eux que nous foulons presque immédiatement sous nos pieds, sur une grande étendue de la France ; enfin, c'est au sein des couches qui les composent, à peu de profondeur, que nous allons la plupart du temps chercher par des moyens faciles, par les sondages en particulier, grand nombre des substances qui

servent aux besoins des arts, de l'agriculture et de l'industrie. Il est donc utile d'étudier ces terrains jusque dans leurs moindres détails, et, afin d'appliquer à leur explication un exemple qui résume toutes nos connaissances à ce sujet, nous décrirons en particulier le bassin parisien, type classique des terrains tertiaires, en nous rappelant toutefois que ce bassin n'est pas le terrain tertiaire tout entier, mais qu'il en représente seulement le groupe inférieur et une partie du groupe moyen.

Le bassin de Paris offre le groupe le plus complet du terrain tertiaire. Les divisions qu'on en a faites ne se trouvent pas réunies; plusieurs y manquent souvent; l'on ne rencontre, dans les vallées, aucune des couches supérieures, mais les couches inférieures y atteignent quelquefois une grande épaisseur; en se prolongeant, elles reposent et affleurent sur la craie, première assise des terrains secondaires, dans la dépression de laquelle sont déposés les terrains parisiens qui nous occupent. Ceux-ci peuvent avoir, dans leur plus grand développement, environ 300 mètres de puissance; mais, jusqu'à présent, nous ne leur avons reconnu dans nos sondages qu'une puissance de 60 à 185 mètres, et cela, parce que leurs couches ne se trouvent pas toutes réunies sur un même point, ou que, lorsqu'il en est ainsi, ces différentes couches n'ont pas toute leur puissance ordinaire; quelques-unes d'entre elles sont réduites à quelques centimètres.

Ces différentes assises des terrains tertiaires se superposent ainsi qu'il suit, en allant du sol à leur base.

GROUPE DU CALCAIRE LACUSTRE SUPÉRIEUR.

Troisième terrain d'eau douce de Brongniart.

Cette assise est principalement composée de marnes calcaires ordinairement blanches, contenant des silex gris, rouges, blancs, tantôt compactes, tantôt criblés de pores, disséminés en rognons ou en fragments, mais formant aussi des masses compactes et continues. Dans les deux cas, cette roche est exclusivement composée

de silice ; sa texture poreuse et sa nature minéralogique la rendent très propre aux constructions ; elle est employée aussi pour faire des meules, de là son nom de pierre meulière.

Dans beaucoup de cas, la meulière ne contient aucune trace de coquilles ; dans d'autres, elle est pétrie de coquilles d'eau douce dont la presque totalité appartient aux genres *planorbe*, *lymnée*, *potamide*. L'on n'y remarque aucune coquille marine.

L'on trouve dans ce groupe de nombreuses sources qui circulent dans les crevasses que leur livrent les marnes friables.

GROUPE DES GRÈS ET SABLES SUPÉRIEURS.

Deuxième terrain de Brongniart.

Les grès et sables supérieurs constituent le dernier dépôt marin que le retrait des eaux des mers ait laissé dans le bassin de Paris. Ce groupe est partout reconnaissable par la couleur blanche ou jaune-rouge de ses sables, ainsi que par la texture de ses grès ; ceux-ci se trouvent le plus souvent en blocs de plusieurs mètres cubes de volume, ayant leurs contours arrondis ; quelquefois les grès sont dispersés par bancs, irrégulièrement disposés au milieu de la masse des sables, et dont les surfaces ne sont pas parallèles. Ce dépôt était régulier lorsque les eaux, exerçant encore leur action destructive sur les continents, en entraînèrent les parties meubles pour laisser les grès abandonnés à leur pesanteur ; il y eut alors dislocation dans les bancs continus qui couvrirent de leurs débris les pentes des collines et les parties de vallées qui leur sont voisines. La dispersion des grès donne à quelques contrées des environs de Paris l'aspect le plus pittoresque ; tels sont les mamelons de la forêt de Fontainebleau, les environs de Nemours, de Palaiseau ; à Orsay, l'on exploite le grès en bancs, en l'isolant du sable qui l'entoure, c'est-à-dire que l'homme procède, comme le fit la nature sur une plus vaste échelle.

La partie supérieure des grès et sables contient des coquilles

marines qui sont le plus souvent brisées et dont l'espèce est, pour cette raison, peu déterminable. La partie inférieure en paraît être entièrement dépourvue ; elle contient du minerai de fer qui, quelquefois, ne fait que colorer les sables, et, d'autres fois, se trouve en rognons géodiques disposés par lits.

Les grès et sables marins supérieurs sont l'objet d'exploitations importantes pour le pavage et la verrerie.

GROUPE DU CALCAIRE LACUSTRE MOYEN,

ou second terrain d'eau douce.

Les couches qui composent ce groupe se succèdent ainsi qu'il suit en les considérant de leur partie supérieure vers leur base :

1° Argiles et meulières. — Les meulières qui ont la plus grande analogie avec celles dont il est question précédemment, ont été souvent confondues avec elles : les meulières si réputées de La Ferté-sous-Jouarre font partie de cet étage qui se compose de glaises ou argiles de diverses couleurs, enveloppant des bancs discontinus de meulières de diverses nuances et textures ; ainsi, la meulière est complétement siliceuse, subcompacte, gris-blanc, sans vides ou pores. Une autre variété ressemble à la précédente pour la texture, la compacité, mais elle est rose, violacée, et marbrée de veines blanchâtres ; d'autres fois elle est moins compacte et des parties calcaires la tachent de blanc. Elle présente, dans un autre cas, des pores qui occupent la moitié de son volume, où ces vides, devenant plus grands, sont quelquefois remplis par de la silice. L'on trouve rarement dans cette meulière des traces de fossiles.

2° Au-dessous des argiles et de leurs meulières viennent les marnes vertes associées à des calcaires marneux et contenant elles-mêmes des silex en rognons.

3° Marnes vertes et marnes diverses.

4° Gypses, marnes gypseuses et marnes magnésiennes.

3° Marnes, calcaires marneux, calcaires compactes et calcaires siliceux. Ces roches forment à Château-Landon, à Champigny, à Essonne, etc., des masses souvent très épaisses. Cette dernière assise contient une grande quantité de coquilles d'eau douce.

Les produits de ce groupe sont d'une importance immense pour l'agriculture et pour les arts. Les marnes sont employées à la fertilisation du sol en même temps qu'à la tuilerie; les gypses sont aussi employés à l'agriculture ainsi qu'aux constructions sous le nom de plâtre, lequel résulte de la calcination du gypse dans des fours à cuire. Les calcaires de diverses qualités sont employés dans les constructions; la meulière pour les murs; le calcaire inférieur pour les parements; la roche connue sous le nom de pierre ou marbre de Château-Landon a servi à la construction du pont de l'École militaire; c'est une pierre susceptible de poli, dont on fait de beaux bassins de fontaines; enfin le calcaire de Champigny, de Morcerf, d'Essonne, etc., fait d'excellentes chaux, dont quelques-unes, notamment celle de Morcerf, sont éminemment hydrauliques.

GROUPE DES SABLES ET GRÈS MOYENS.

Une alternance de couches de sables, de marnes et de bancs de grès calcaires, passant quelquefois à un calcaire grenu ou compacte, compose cet autre étage des terrains tertiaires. Il est remarquable par l'association des coquilles marines aux coquilles d'eau douce, et semble former le passage lent de son époque à celle dans laquelle nous allons entrer. Ce groupe est particulièrement développé à Beauchamp (Seine-et-Oise). M. de Sénarmont l'a décrit avec beaucoup de soin et de détail.

GROUPE DU CALCAIRE GROSSIER.

Premier terrain marin de Brongniart.

Des couches de marnes alternant avec des lits de calcaires, des masses étendues et régulières de calcaires compactes, conte-

nant pour la plupart une grande quantité de coquilles marines, enfin, les sables et grès calcaires glauconieux qui avoisinent les argiles plastiques constituent ce groupe. C'est le groupe du calcaire grossier qui nous fournit cette belle pierre monumentale, dont l'extraction a produit les catacombes qui ont leur ouverture à la barrière d'Enfer et s'étendent sous les faubourgs Saint-Jacques, Saint-Marceau et Saint-Germain. Une grande quantité de sondages aux environs de Paris l'ont traversé (voir les planches 24 et 25 des vallées de la Seine et de la Marne), des eaux ascendantes et jaillissantes y sourdent des sables chlorités qui sont la base de cette formation, comme à Claye et à Annet (Seine-et-Marne).

GROUPE DES SABLES INFÉRIEURS.

Premier terrain d'eau douce de Brongniart.

La partie supérieure de ce terrain est principalement composée de sables et d'argiles ligniteuses; vers sa partie inférieure les lignites disparaissent, les sables deviennent moins fréquents, et lorsqu'ils existent, ils ne contiennent plus de lignites; on entre alors dans une succession de couches d'argiles brunes, vertes, blanches, rouges, jaune-marbré, etc.; les argiles jaunes annoncent souvent l'approche de la craie, tandis que les brunes forment le passage de la partie ligniteuse à celle qui touche à la craie. C'est ordinairement dans les premières couches de sables ligniteux que nous rencontrons nos eaux jaillissantes; cependant, jusqu'à ce que l'on soit entré dans la craie, l'on peut en espérer, si la partie supérieure du groupe en est privée.

Les sables ligniteux et les argiles plastiques forment donc le premier dépôt qui ait recouvert la craie; occupant la partie inférieure du bassin tertiaire, il reçoit plus d'eaux que les étages supérieurs à travers lesquels elles s'infiltrent vers les affleurements, et descendent de couche en couche perméable ou fissurée jusqu'au fond du bassin.

Les argiles plastiques sont employées dans les arts à la fabrication de la faïence fine, de la poterie, de la brique, etc. Les sables contiennent, ainsi que certaines couches d'argiles, une grande quantité de pyrites de fer, et surtout de lignites que l'on exploite utilement.

La puissance de ce terrain peut être, en moyenne, de 30 mètres. Nous avons pris pour type du terrain tertiaire celui du bassin de Paris; nous ne pourrions, sans entrer dans de trop longs détails, adjoindre à cette courte description celle des dépôts de la même époque qui se trouvent répartis sur une grande partie de la surface des continents en général, et qui varient de nature minéralogique selon les éléments des divers matériaux auxquels ils doivent leur existence. Ainsi, les masses de roches d'une contrée correspondent à des masses de glaises ou d'argiles dans une autre; celles-ci sont représentées dans une troisième par un seul dépôt sableux, etc. C'est avec le secours de la conchyliologie et de la paléonthologie que les géologues rapportent à la même époque tertiaire tous les dépôts divers dont il est question. Nous renvoyons également, pour la description des fossiles qui caractérisent chacune des assises du terrain tertiaire et assignent leur place dans l'échelle géognostique, aux mémoires qui traitent spécialement de ce sujet, et notamment au *Traité de Géognosie* de d'Aubuisson de Voisin, édité par A. Burat [1].

Le sondeur expérimenté peut, du reste, sans avoir des connaissances complètes en géognosie, reconnaître ou indiquer les terrains dans lesquels des recherches d'eaux jaillissantes peuvent être tentées; pour cet objet, il lui suffit d'étudier la configuration du sol et de suivre avec discernement les différentes couches qui en composent l'épaisseur jusqu'à de certaines limites; c'est autant une étude d'hydrostatique que de géologie pure qu'il a à faire, lorsque surtout, dans la contrée qu'il explore, les mêmes couches se reconnaissent à des caractères saillants.

[1] Chez Langlois et Leclercq.

RÉSUMÉ GÉOLOGIQUE.

TERRAIN D'ALLUVION.

Il n'est guère possible d'établir des divisions chronologiques bien tranchées dans la série des dépôts qui constituent ce terrain ; ces dépôts varient toutefois sous le rapport de leur nature et de leur composition ; de là les principaux groupes suivants :

Terrain madréporique ; terrain tourbeux ; terrain détritique ; terrain alluvien ; terrain tuffacé.

Terrain madréporique.

Ce terrain forme des masses élevées par des polypes appartenant généralement à la famille des madrépores et notamment au genre astrée. Une quantité innombrable de ces petits animaux s'amoncellent çà et là dans quelques mers, et y élèvent par leurs débris calcaires de véritables montagnes, qui, dans les îles de l'Océanie, présentent de dangereux récifs aux navigateurs. Le dépôt calcaire est quelquefois si compacte, si homogène qu'on peut l'employer comme pierre à bâtir.

Terrain tourbeux.

De toutes les masses végétales enfouies sous l'écorce du globe, à différentes profondeurs et dans des formations diverses, la tourbe est la plus récente ; au dessous d'elle viennent, dans les terrains tertiaires, les lignites que l'on exploite avec avantage dans plusieurs contrées, notamment dans le Soissonnais ; au dessous du terrain tertiaire, le terrain crétacé nous montre à son tour des masses considérables de lignites qui, dans le sud-ouest de la France, à Aix, font l'objet d'une importante exploitation. L'on y remarque aussi, dans quelques contrées des Alpes, dans le canton de Berne et à Entreveres en Savoie, une véritable houille ayant les caractères minéralogiques de celle des

terrains houillers. Il en est de même des fausses houilles que renferme le terrain keuprique qui est de quelques étages inférieur à la craie. Vient ensuite le terrain houiller, proprement dit, avec ses houilles grasses et maigres, et enfin, la plus ancienne masse végétale, connue sous le nom d'anthracite.

La tourbe est un amas de substances végétales, telles que des racines, des plantes, des arbres de l'époque actuelle ; elle renferme souvent des traces de l'industrie humaine, telles que des médailles, des armes et des fragments de monuments ; la tourbe se forme, ou se rencontre dans les contrées humides, c'est au moins le cas le plus fréquent. Les plus belles tourbières sont celles des plaines basses et des vallées ; nous en possédons de fort riches dans nos départements de Seine-et-Oise, de l'Aisne, de la Somme, etc. L'Allemagne et la Hollande ont aussi des tourbières d'une grande importance.

Terrain détritique.

Ce groupe comprend les terres végétales de différentes natures, certaines plaines de sable, et enfin les éboulis qui couvrent une partie des pentes des montagnes, et qui ne sont que le résultat de la désagrégation des roches, ou des terrains divers qui les composent. Le terrain détritique est donc souvent de formation actuelle et continue, de même que les deux précédents, et l'on doit y trouver, comme dans le terrain tourbeux, de nombreux témoins de l'industrie humaine, ainsi qu'une grande quantité de squelettes ou de débris d'animaux contemporains.

Terrain alluvien.

Les dépôts de sable et cailloux roulés qui forment le lit de beaucoup de fleuves, les couches de limon et de marnes qui alternent avec ces dépôts arénacés, constituent le terrain alluvien ; la puissance des alluvions fluviatiles augmente généralement en

allant de l'origine des vallées vers leur embouchure; elle est considérable dans quelques localités; dans la vallée du Rhin les alluvions ont jusqu'à 100 mètres d'épaisseur ; le sol de la Hollande situé à l'embouchure de l'Escaut, du Rhin et de la Meuse, n'est qu'un terrain d'alluvion d'une puissance telle, qu'un sondage entrepris en 1837 à Amsterdam fut, en 1841, abandonné à 171 mètres de profondeur, dans des sables pareils à ceux de la surface du sol.

Le terrain alluvien renferme, comme ceux des deux groupes précédents, des débris de l'industrie de l'homme; mais il est plus riche qu'eux par les dépôts métallifères qu'il contient; l'on y trouve du fer, de l'or, de l'étain, du platine, etc. L'exploitation métallurgique des terrains d'alluvion est quelquefois très productive. Les mines d'étain de Cornouailles en Angleterre sont importantes ; il en est de même des mines d'or de Hongrie ; la Sibérie possède aussi ses sables aurifères, et la France a quelques rivières, la Loire et le Rhin entre autres, qui roulent des particules de ce métal, mais en si petite quantité que l'exploitation en deviendrait plutôt onéreuse que lucrative. Par des calculs et des expériences réitérées, M. Daubrée, ingénieur des mines du Bas-Rhin, a démontré que les sables de ce fleuve renfermaient pour 160 millions d'or. Le cas le plus fréquent dans lequel les alluvions soient exploités avec avantage, est celui du gisement du minerai de fer qui s'y trouve abondamment répandu à l'état oolithique concrétionné, pisolitique et en grosses nodules. Ces gisements de minerai dans les terrains alluviens ne sont que le résultat du lavage et du transport des dépôts anciens par les eaux alluviales.

Terrain tuffacé.

Une stratification assez régulière distingue ce groupe des précédents; souvent, en effet, le terrain tuffacé se lie au terrain détritique, au terrain d'alluvion, de manière à ce que le passage de l'un à l'autre est parfois indiscernable. Le caractère dominant du

terrain tuffacé est d'être une espèce de roche calcaire, le plus souvent concrétionné, contenant une grande quantité de débris de végétaux, de coquilles terrestres et lacustres; l'on y remarque une multitude de petits canaux cylindriques pareils à ceux de quelques calcaires d'eau douce dont il sera question au chapitre des terrains tertiaires. Cette roche, qui est, ainsi que je viens de le dire, très poreuse, est en même temps légère, mais elle passe aussi à un calcaire compacte. Dans les deux cas, elle est souvent employée comme pierre à bâtir.

L'on rencontre, sur les bords de la mer, un terrain tuffacé dont l'aspect, la texture, sont les mêmes que le précédent et qui contient une multitude de coquilles marines de l'époque actuelle.

Selon que le terrain tuffacé proprement dit se trouve isolé, ou qu'il alterne avec les terrains détritique et alluvien, son épaisseur est médiocre ou considérable ; sa puissance moyenne, dans le premier cas, est de 5 à 6 mètres ; dans le second, elle doit être considérable, d'après ce que nous avons dit des groupes précédents.

Ce terrain tuffacé renferme aussi des vestiges de l'industrie humaine, et il est sans doute le seul dépôt régulier où l'on rencontre, quoique très rarement, des ossements humains. Ce fait ne doit pas étonner, si l'on considère que les concrétions calcaires se forment journellement sous nos yeux.

Les éléments de ce groupe avec ceux des terrains détritique et diluvien, sont le résultat de la dernière irruption des eaux marines sur les continents; l'on conçoit donc que la forme de ses dépôts doive être, en beaucoup de contrées, différente de celle du terrain alluvien, dont la formation s'est effectuée lentement dans la période moderne.

Le terrain alluvien est déposé régulièrement et le plus souvent, dans les vallées, dans les plaines basses. Le terrain diluvien occupe sans aucun ordre de disposition, les flancs, les inégalités des chaînes, les anfractuosités des roches, en des points où les cours d'eau actuels n'ont pu, selon toute probabilité, s'élever. M. Melle-

ville, dans son *Diluvium* (*Recherches auxquelles on doit donner ce nom*, *etc.*), s'exprime ainsi, en parlant du cataclysme qui a donné lieu à ce dépôt :

« 1° Ce phénomène a été général et unique ; l'existence du dilu-
« vien sur tous les points du globe, son peu d'épaisseur, la con-
« stance de ses caractères minéralogiques et paléontologiques, ne
« souffrent point d'autre explication.

« 2° Il a été violent : c'est ce que prouvent l'état des ossements
« généralement roulés et brisés, la présence des blocs, du gravier et
« du sable dans le diluvium, la position de ces matières sur les lieux
« élevés, et la distance où elles se trouvent de leur point de départ.

« 3° Il a été sans durée : car le diluvium ne renferme aucune
« coquille lacustre, fluviatile ou terrestre.

« 4° Il a été brusque et instantané, puisqu'on ne remarque pas
« dans cette formation le mélange qui résulterait du passage
« insensible d'un état de choses à un autre. »

Les éléments du terrain alluvien appartiennent aux roches voisines des bassins dans lesquels il est déposé ; ceux du terrain diluvien participent non seulement des terrains voisins, mais encore d'autres formations dont on ignore le degré d'éloignement.

Le terrain diluvien est composé, à sa partie supérieure, d'argiles brunes ou rougeâtres, associées à un sable à grains de grosseurs inégales. Les argiles diluviennes constituent la plus grande partie des terres arables ; la partie inférieure est composée généralement de sables, de graviers et de cailloux roulés résultant de la dislocation des roches différentes et du transport de leurs fragments ; ces derniers se trouvent par conséquent toujours arrondis. Dans toutes les localités, ce dépôt arénacé contient une quantité plus ou moins grande de cailloux de quartz de différentes couleurs.

L'on rapporte au groupe du terrain diluvien ces blocs erratiques, que nous voyons dans nos vallées de la Loire, de la Marne, de la Vienne, etc., souvent à la surface du sol, d'autres fois enfouis dans le terrain alluvien ou dans le diluvien ; on les remarque

aussi aux environs de Paris, dirigés suivant la ligne de pente des coteaux d'où ils sont descendus. Souvent ces blocs, dont quelques-uns atteignent la grosseur de 15 à 20 mètres cubes, proviennent de contrées éloignées; ainsi, les montagnes de la Scandinavie et de la Finlande, ont couvert de leurs fragments les plaines qui s'étendent de la mer du nord aux monts Ourals. Les blocs erratiques ne se trouvent pas seulement dans les plaines, on les voit aussi à différentes hauteurs sur les flancs des montagnes, suivant souvent des lignes qui semblent affecter un ordre de parallélisme régulier.

Le terrain diluvien est riche en minerais de différentes natures; le minerai de fer pisiforme est chez nous l'objet d'importantes exploitations; dans d'autres contrées, aux monts Ourals, par exemple, l'on y exploite l'or, le platine, le diamant. Au Brésil, l'on y trouve le corindon, la spinelle, le zircon, la topaze, le cymophane, l'émeraude, le platine, etc.

Les fossiles que contient le terrain diluvien appartiennent en même temps à des espèces perdues et à des espèces vivantes; parmi les mammifères, l'on remarque les genres, éléphant, rhinocéros, hippopotame, cheval, cerf, bœuf, ours, hyène, chat, chien, etc., les mastotondes, espèce perdue et analogue au genre éléphant, une espèce de tapir voisine de l'espèce actuelle.

L'on y trouve encore plusieurs espèces de rongeurs, des lièvres, des rats, etc., ainsi que plusieurs espèces d'oiseaux et de coquilles. Aucune de celles-ci n'appartient à l'époque actuelle. Les cavernes à ossements de France, d'Angleterre, de Franconie sont célèbres par la prodigieuse quantité de débris organiques qu'elles renferment, et qui sont une preuve incontestable de la spontanéité avec laquelle s'est opérée la révolution du cataclysme qui nous occupe.

Des végétaux de diverses espèces, aujourd'hui vivantes, se trouvent dans le terrain diluvium à l'état de silex. L'on y remarque des chênes, des peupliers, etc., entiers ou en débris.

Nous terminerons ce que nous avions à dire des terrains de transport en général, en faisant remarquer que le forage de ses diverses couches est facile et peu coûteux, lorsque l'exploration ne demande qu'une médiocre profondeur; mais lorsqu'elle doit être conduite loin, les frais augmentent considérablement, par la nécessité où l'on se trouve de tuber pour maintenir les couches traversées. Ainsi, 150 mètres de forage dans les terrains d'alluvion peuvent être faits en trois mois, avec une dépense de 2,800 francs; mais, quelquefois aussi, ils nécessitent quatre tubages successifs qui reviennent à 6,000 francs.

Les coupes de quelques sondages exécutés dans cette formation et qui ne l'ont pas, ou l'ont peu dépassée, feront connaître que des eaux jaillissantes, abondantes et continues, peuvent être recherchées sur des points assez élevés (Voir planche 23). Dans ces localités, il ne serait pas rationnel d'approfondir les sondages, car, si on le faisait, on pourrait perdre l'eau obtenue.

Il est important, avant d'entreprendre un forage dans les terrains de transport, d'observer la configuration du sol, l'étendue et le gisement des dépôts meubles, la différence de hauteur entre le point où l'on veut forer et les divers affleurements des couches perméables du sous-sol. Il faut aussi que les dépôts soient eux-mêmes recouverts par une couche imperméable, telle qu'une couche d'argile, de marne, etc.

Les recherches d'eaux dans cette formation sont soumises à des chances aléatoires que les formations ultérieures présentent plus rarement.

CLASSIFICATION ET CARACTÈRES DES TERRAINS IGNÉS.

Les terrains ignés et les terrains sédimentaires sont, avons-nous dit, différents sous le rapport de leur composition, sous celui de leur structure intérieure et de leurs formes, et sous celui de leur distribution dans l'épaisseur de l'écorce solide; les

terrains ignés ne peuvent donc plus être classés par les mêmes considérations que les terrains sédimentaires. La stratification et la présence des fossiles, points de départ de toute recherche et base de toute classification dans la série sédimentaire, n'existent plus dans les terrains ignés ; mais, en revanche, la composition et l'ensemble des caractères minéralogiques deviennent, pour apprécier l'âge de ces derniers, le guide le plus rationnel et le plus certain. Cette formation n'étant que par rare exception attaquée par la sonde, je me bornerai à en énoncer les principaux caractères.

On a divisé les terrains ignés en trois groupes : *granitiques, porphyriques, volcaniques.*

Terrains granitiques.

Ce serait se faire une idée fausse de la nature des roches granitiques, que de penser qu'elles forment seules l'enveloppe fondamentale de l'écorce solide, et qu'au-delà de cette enveloppe elles n'ont plus envoyé de représentants. Les anciens géologues étaient imbus de cette croyance, mais l'observation des faits n'a pas tardé à faire justice de ces idées préconçues. Dans plus d'une localité, des granits furent observés recouvrant des roches d'origine évidemment sédimentaire. Aux environs de Christiania, des granits et des syénites sont postérieurs à des calcaires fossilifères de l'époque de transition. Des masses de granit et de syénite porphyroïdes sont intercalées, en Norwége, dans des terrains de sédiments réguliers, et ces masses débordent du grès rouge dans la formation du calcaire superposé. Dans les montagnes de l'Oisans, il existe des granits, non plus seulement postérieurs aux terrains de transition, mais aux terrains jurassiques. Dans les Pyrénées, les granits se trouvent intercalés dans des couches calcaires de la formation crétacée inférieure. A Alençon, des blocs de granits sont superposés parfois à l'arkose et même à l'oolithe inférieure. Enfin, grand nombre de gisements et de relations minéralogiques

semblables, ont été observés en Suisse, en Allemagne, et dans plusieurs autres pays. En présence des faits multipliés et convenablement étudiés et approfondis, le doute n'était plus possible ; et le granit n'a plus été considéré comme autrefois comme enveloppe unique représentant la première pellicule solide. L'expression de terrain primitif, telle qu'on l'avait comprise depuis longtemps, dut alors changer de sens, et le démembrement qui en a été fait, l'a réduit considérablement. Nous avons vu, du reste, à la description des roches qui constituent nos terrains primitifs, comment ces roches passaient insensiblement, par leur texture et leur composition, aux granits eux-mêmes, et l'on est à se demander aujourd'hui si la première pellicule solide qui a enveloppé notre planète, antérieurement à la formation de toutes les autres masses minérales, est réellement à découvert dans quelque point du globe.

Si l'on joint à ces faits géognostiques ceux qui résultent de l'intersection si fréquente, dans les contrées de transition, des couches sédimentaires par des filons de roches granitiques, on ne sera plus éloigné de penser que la plupart des roches granitiques qui nous apparaissent à la surface de la terre, sous forme de masses isolées ou de longues chaînes de montagnes, ne sont point nécessairement d'un âge antérieur à celui de tout terrain stratifié, mais qu'ils peuvent bien répondre sous ce rapport à des dépôts secondaires, même assez élevés dans la série de ces terrains.

En résumé, le terrain granitique nous montre les roches ignées se continuant depuis la période secondaire dans la période de transition, et allant se fondre dans cette époque incertaine, où les granits semblent s'isoler de plus en plus, de manière à conduire à un noyau igné, qui formerait une croûte générale au-dessous des premiers dépôts sédimentaires.

Les terrains granitiques couvrent, de même que les terrains primitifs stratifiés, des étendues considérables de pays ; ils forment

des montagnes et chaînes de montagnes, dont l'aspect varie et qui présentent quelquefois une très grande élévation suivant les roches qui les composent. Le granit talqueux (protogyne) forme les montagnes les plus élevées du continent européen (le Mont-Blanc et la plupart des aiguilles qui l'accompagnent). Les granits s'élèvent en de certaines contrées à une hauteur qui dépasse 4,200 mètres au-dessus du niveau de la mer. Enfin, ce sont les terrains qui présentent la plus grande uniformité, tant dans leur ensemble que dans leurs parties sur toute la surface du globe.

Terrains porphyriques.

La roche de porphyre forme le type de ces terrains, en partie par sa composition, mais surtout par sa texture et sa disposition.

Il n'est guère possible d'établir des relations chronologiques entre les diverses roches qui constituent le terrain porphyrique; telle roche caractérise un pays où elle se rencontre exclusivement; telle autre roche domine dans un pays voisin, et il est bien peu de contrées où l'on trouve un développement simultané des divers termes. Les porphyres forment cependant exception en ce qu'on les rencontre presque partout; ce sont eux qui semblent former la transition au terrain granitique. Les ophites, qui, dans les Pyrénées, sont postérieures aux terrains tertiaires, peuvent être regardées comme étant placées à l'autre extrémité de la série des termes du terrain porphyrique. Des données manquent jusqu'à présent pour classer géognostiquement les roches de terrain intermédiaire entre les porphyres et les ophites.

Les pays et montagnes qui appartiennent aux groupes de terrains porphyriques ont un tout autre aspect que ceux qui ne renferment que des granits. D'abord ces pays sont toujours beaucoup moins étendus, ce sont même assez souvent des formations morcelées; les montagnes, moins hautes, ne sont ni aiguës ni dé-

chirées, mais plutôt coniques, surbaissées ou arrondies; la structure en grand est massive; quelquefois elles présentent des retraits prismatoïdes ou sphéroïdaux, analogues à ceux des roches volcaniques.

Les roches porphyriques offrent peu de minéraux disséminés, et les riches gisements de métaux qu'elles contiennent y existent à l'état d'amas, ou, plus fréquemment, de filons.

Terrains volcaniques.

Les roches qui représentent ces terrains peuvent, sous le rapport de leur composition minéralogique et sous celui de la forme des massifs, se diviser en trois groupes principaux : 1° celles à composition feldspathique très variée, dont les détails minéralogiques sont très caractéristiques, qui sont accompagnées de peu de déjections, accumulées en groupes de montagnes, constituant des cimes élevées, sans cratère d'éruption et dont les circonstances d'émission sont difficiles à pénétrer; ce sont les *trachytes* ou groupe le plus inférieur de ces terrains; 2° celles où le pyroxène domine et auxquelles une texture compacte, la fréquence du péridot, la structure nette et pseudorégulière donnent une physionomie toute spéciale; elles existent sous forme de nappes étendues, de filons, de masses isolées qui indiquent bien des circonstances d'éruption, mais différentes de celles que nous verrons présider à la génération des roches du groupe supérieur; ce sont les *basaltes* et les roches qui s'y rapportent, occupant le groupe moyen des terrains volcaniques; 3° celles qui proviennent d'éruptions, en grande partie contemporaines des temps historiques, roches de composition assez variable (pyroxéniques, feldspathiques, ou amphigéniques), mais généralement caractérisées par une texture cellulaire et un peu spongieuse, par des minéraux accidentels particuliers, et surtout par les formes sous lesquelles elles se présentent (montagnes coniques à cratère, ayant rejeté et rejetant par ce cratère ou par des bouches latérales, des

scories, des cendres, des vapeurs, etc., et déversant des coulées de laves en bandes longues et étroites). Ce sont les roches *laviques* du groupe le plus supérieur des terrains volcaniques.

Le nombre des volcans actifs connus est d'environ 200; ces divers volcans sont généralement groupés autour d'un centre, ou suivant des lignes de direction plus ou moins régulières; ils constituent des contrées plus ou moins étendues, généralement montagneuses.

L'action volcanique a commencé à agir depuis la période tertiaire inclusivement; elle a continué sans doute, sans interruption, jusqu'à l'époque actuelle. Indépendamment des minéraux et des roches qui se trouvent empâtés dans le terrain volcanique, sous la forme de cristaux ou de fragments, en en voit aussi qui s'y trouvent disposés d'une manière analogue aux sublimations qui se font dans les cheminées de nos fourneaux; ce sont notamment du sel marin, du sel ammoniac, de l'acide borique, de l'arsenic sulfuré, du soufre, etc.

Parmi les gîtes principaux ou terrains volcaniques, l'on peut citer l'Eifel dans la Prusse rhénane, l'Auvergne en France, le Vésuve en Italie[1], l'Etna en Sicile, l'Hécla en Islande, etc.

[1] J'ai commencé en 1844, dans le jardin du palais du roi, à Naples, un sondage pour l'établissement d'une fontaine; le niveau du sol est à 22 mètres au-dessus de la mer. Après quelques mètres de terre végétale et de détritus, la sonde est entrée dans le tuf volcanique, qui forme une partie des montagnes qui entourent la ville, et notamment la grotte de Pausilippe. A 140 mètres, la sonde a quitté ce terrain pour atteindre des sables ou des cendres volcaniques : des eaux douces y ont été rencontrées, elles se tiennent à 14 mètres en contre-bas du sol, à 8 mètres au-dessus de la mer. A 180 mètres la sonde a ramené des coquilles fossiles qui ont fait reconnaître que l'on avait atteint le terrain tertiaire subapennin, qui doit reposer sur la formation jurassique constituant les montagnes de Castellamare. Ce sondage est aujourd'hui à 200 mètres; il sera probablement poussé à 300, et donnera, je présume, le résultat cherché.

APPLICATION DES CONNAISSANCES GÉOGNOSTIQUES A L'EXPLOITATION DES SUBSTANCES UTILES.

Ce que l'on doit entendre par bassin géologique.

D'après l'ensemble des considérations auxquelles nous nous sommes livrés sur la nature des terrains stratifiés, sur leur position, sur leurs rapports avec l'écorce cristalline qui leur sert de base, il est facile de concevoir, dès à présent, ce que les géologues entendent communément par *bassins*. Les inégalités qui existent à la surface du globe se réduisent aux saillies montagneuses qui la parcourent dans tous les sens, ou à des enfoncements dont l'allure ou la forme est en rapport avec celles des masses protubérantes qui les circonscrivent. Ces enfoncements sont, pour la plupart, remplis par les eaux qui recouvrent les deux tiers de la surface, et qui forment à cette surface un certain nombre de bassins *aqueux* dont l'étendue varie. Or, supposons d'immenses réservoirs plus ou moins régulièrement circonscrits, et d'une manière circulaire ; supposons, en second lieu, que les sédiments tenus en suspension au sein des eaux et qui ont été apportés par les courants, ou arrachés au sol environnant, viennent à se déposer, la forme de la couche première à laquelle ce dépôt donnera lieu, suivra naturellement la direction et toutes les inflexions du fond du bassin sur lequel elle repose ; remarquons que, pour la théorie, peu importe que la nature de ce fond soit représentée par telle ou telle roche, tel ou tel terrain. Toutes les couches subséquentes viendront ensuite se mouler successivement et en plans de stratification parallèles, sur le premier plan de superposition déterminé par la couche la plus inférieure. Après un temps plus ou moins considérable, et dont la durée pourra être calculée sur l'abondance des sédiments et sur l'étendue et la profondeur premières de la dépression circonscrite, celle-ci aura diminué graduellement dans ses diamètres, ou même, dans certains cas, aura fini par disparaître complétement, comblée qu'elle sera par un

ensemble de matières sédimentaires, disposées sous forme de couches, dont l'étendue diminuera en raison de la hauteur, dont les tranches extrêmes viendront successivement affleurer à la surface, les plus inférieures étant en même temps les plus extérieures, et dont l'inflexion et l'inclinaison suivront celles de la dépression qu'elles remplissent, c'est-à-dire plongeront de dehors vers le centre. Tels sont les bassins géologiques dont la forme toutefois n'est pas toujours régulière, mais qui se rapportent tous à une disposition générale à peu près semblable. Un exemple classique de la forme en *bassin*, des couches sédimentaires qui constituent le sol d'une contrée, nous est fourni par le bassin tertiaire du nord de la France, dont Paris occupe le centre. La craie lui sert de base et forme une large ceinture autour de ce bassin tertiaire, dont la ligne d'affleurement se voit à Montereau jusqu'à la Roche-Guyon, derrière Provins, devant Sézanne, derrière Montmirail, devant Épernay, derrière Laon, au nord de Compiègne, près Beauvais et Gisors. En dedans de cette limite crayeuse presque circulaire, gisent les différentes assises tertiaires dont les affleurements à la surface, indiquent que les plus inférieures du bassin sont en même temps celles que l'on rencontre le plus extérieurement.

DES PUITS ARTÉSIENS.

Une des plus heureuses applications qui aient été faites de cette disposition des couches sédimentaires par bassin, est sans contredit celle de la théorie des eaux jaillissantes naturelles ou artificielles. Les masses minérales qui forment l'écorce solide sont fréquemment traversées par des fissures ou composées de couches perméables dans lesquelles se meuvent de véritables courants d'eau. Ces courants souterrains ont souvent la faculté de remonter et de prendre un niveau beaucoup plus élevé que celui de leur gisement dans l'intérieur des masses minérales, lorsqu'on vient à les atteindre par un puits ou par un trou de sonde. Sou-

vent cette force d'ascension est telle, qu'ils viennent s'épancher à la surface du sol et s'élèvent même à de grandes hauteurs ; ce phénomène constitue les *puits artésiens*.

Nous avons résumé, dans le précis placé avant ce chapitre, l'histoire et les théories de l'alimentation de ces fontaines artificielles.

Dans l'explication que nous avons donnée de l'ascension des eaux jaillissantes par les forces hydrodynamiques, en vertu desquelles les eaux tendent à se mettre de niveau dans les tubes communiquants, nous avons supposé que les couches perméables n'offraient pas d'interruption sur toute leur longueur; cette condition est évidemment absolue ; mais tel n'est pas le cas dans tous les bassins géologiques ; les uns ont conservé leur régularité première, les autres ont été disloqués, dénudés en partie, fracturés, et c'est ici que la géologie est appelée à fournir d'utiles renseignements, et à calculer, d'après un ensemble de considérations, les chances d'une réussite.

En résumé, ainsi que s'exprime M. Jules Burat dans son excellent travail sur les puits artésiens (1829), et M. Héricart de Thury dans les différents programmes qu'il a publiés pour les Sociétés d'encouragement et d'agriculture, les eaux artésiennes circulent généralement dans une couche perméable et entre deux couches imperméables. Cette première donnée implique nécessairement des conditions de composition. Ainsi, l'on sait que les sables sont nécessairement les terrains perméables, tandis que les argiles sont au contraire imperméables. Donc les alternances de sable et d'argile seront les plus favorables à l'établissement des puits artésiens. Les terrains cristallins ne pourront dans aucun cas, ou ce ne sera que par hasard, donner naissance à des eaux jaillissantes.

Non seulement la composition du sol doit guider le sondeur artésien, mais son niveau au dessus des eaux courantes à la surface, ainsi que sa forme, doivent encore être constamment l'objet de son examen attentif. Ainsi l'on doit toujours choisir pour une tentative

de ce genre, un point peu élevé dans une plaine ou dans une vallée; car il est évident que les plateaux isolés, les crêtes qui déterminent les limites des bassins hydrographiques, sont des points où il n'y a aucune chance favorable pour obtenir des eaux jaillissantes. Les sondages peuvent cependant être tentés rationnellement sur les plateaux de formation, lorsque l'on ne se propose que d'obtenir des eaux abondantes et intarissables. L'on devra toujours rechercher, dans les bassins géognostiques, ces espaces plus ou moins encaissés par des saillies dominantes, vers lesquelles les couches de la plaine se relèvent quelquefois de manière à présenter leur tranche. Il résulte en effet de cette disposition que les eaux extérieures s'infiltrant dans les couches perméables qui affleurent, en venant s'appuyer sur les coteaux de bordure, et suivant avec ces couches les inflexions du fond, sont d'autant plus susceptibles de remonter par les trous de sonde et de donner naissance à des puits artésiens, que les points d'infiltration sont plus élevés, et les points de déperdition plus éloignés. Je m'étendrai plus au long à ce sujet dans le chapitre traitant des différentes applications de la sonde.

Aspect général des bassins géologiques secondaires et tertiaires, en prenant spécialement pour type le sol de la France.

L'idée, naturelle et facile à comprendre, de la disposition en bassins géologiques des masses minérales stratifiées, est applicable à la totalité des dépôts, dans le plus grand nombre de cas et dans tout pays. Seulement, l'étendue ou la physionomie de ces bassins varie à l'infini, suivant le temps et suivant l'espace. Dans les premiers temps géologiques, les dépressions qui existaient à la surface de la terre occupant de plus vastes étendues et ayant des profondeurs moindres, et les reliefs du sol étant moins nombreux et ayant une élévation plus faible qu'à des époques postérieures, les dépôts durent se former sur de plus larges espaces, et leur disposition en bassin doit, par conséquent, nous paraître dans

quelques cas, assez obscure. Mais, à mesure que les temps se succédèrent, dès que les secousses violentes qui ont agité le sol à diverses reprises, eurent rejeté au dehors ces masses puissantes de matières en fusion, et dessiné en tous sens, à la surface, les reliefs gigantesques qui la parcourent sur de longs intervalles, l'espace fut plus circonscrit, les eaux plus divisées, leurs abîmes approfondis; les bassins où les sédiments se déposaient devinrent plus nombreux, d'autant qu'ils approchaient davantage de l'époque actuelle. De là les différences générales que présentent les bassins secondaires et tertiaires. Ceux-ci sont plus nombreux, plus morcelés, plus circonscrits; ceux-là plus développés, plus continus et en nombre moindre. Si, à ces caractères de disposition et de circonscription des couches, nous ajoutons quelques-uns de ceux qui dérivent de leur nature et de leur composition, nous pourrons nous faire une idée juste de la physionomie générale des terrains secondaires et tertiaires. Nous avons déjà effleuré cette question en faisant la description de chaque terrain en particulier; pour compléter nos connaissances sur ce sujet, il ne sera pas hors de propos de jeter un coup d'œil d'ensemble sur la disposition générale des bassins géologiques de la France.

Si l'on regarde une carte géologique de France, on ne tarde pas à apercevoir un certain nombre de nuances presque régulières, ou du moins en bandes continues, qui forment comme un large ruban, déroulé obliquement sur la partie centrale de la France, depuis les environs de Poitiers jusqu'à ceux de Metz ou un peu plus loin; ces nuances représentent les différentes assises du terrain jurassique. Nous en parlons ici avant tous les autres, car ce sont véritablement ces couches circulaires successives, qui forment le trait le plus caractéristique de la physionomie des terrains stratifiés dans notre pays. Abstraction faite des irrégularités de courbure de ces bandes jurassiques et des prolongements ou appendices qu'elles projettent accidentellement dans différentes di-

rections, il est aisé de voir, comme l'ont judicieusement observé les savants auteurs de la carte géologique de France, que ces bandes forment deux espèces de boucles qui dessinent sur la surface de ce vaste pays une figure qui approche de celle d'un ≍, placé sur le côté, c'est-à-dire dont les boucles regardent au nord et au sud. Ces deux boucles supérieure et inférieure présentent une opposition complète dans la manière dont les couches jurassiques y sont disposées relativement aux masses qui occupent les deux espaces qu'elles entourent. En effet, la boucle méridionale circonscrit un massif proéminent formé principalement de terrain granitique; elle est moins élevée que l'espace qu'elle entoure; les couches qui la composent s'appuient sur le fond du massif qui sert de centre; tel est, en un mot, le massif montagneux de la France centrale, couronné par les roches volcaniques du Cantal, du mont Dore et du Mézenc; au contraire, la boucle septentrionale formant le contour d'un bassin dont Paris est le centre, circonscrit un espace occupé par des roches sédimentaires; elle est en grande partie plus élevée que ces couches; les assises qui la composent plongent au-dessous des masses qui forment le remplissage central du bassin. C'est ainsi que les deux parties principales du sol de la France, le plateau central et le bassin de Paris, présentent des structures diamétralement contraires. La structure de la partie méridionale se dessine sans doute par des traits plus saillants ou du moins qui frappent bien plus au premier abord que ceux de la partie septentrionale, puisque ces traits sont les montagnes les plus élevées du centre de la France; cependant la partie septentrionale se dessine aussi avec une netteté particulière dans son côté oriental. Là, les contours jurassiques atteignent leur maximum de hauteur. Inégalement usés par les révolutions du globe, suivant leur degré de dureté, les différentes assises dont ils se composent forment comme une série de moulures concentriques les unes aux autres; elles tournent autour de Paris qui est leur centre commun.

Partout où le calcaire du Jura domine, les vallées sont rares et profondes ; la forme abrupte de leurs escarpements nous montre que ces vallées sont le produit de fentes qui ont coupé le terrain sur une épaisseur considérable. Il en résulte que ces contrées, lorsqu'elles n'ont pas éprouvé de bouleversements très violents, présentent de vastes plateaux bordés de murs presque verticaux. Ces terrains n'offrent pas partout des plateaux aussi élevés, mais le petit nombre des vallées qui les traversent et leur profondeur sont des caractères qui les distinguent constamment.

Les contrées formées de terrains crétacés ont une certaine analogie avec les pays de calcaire jurassique dont nous venons de parler ; mais les premiers admettent toujours, outre des vallées de déchirement, un certain nombre de vallées à formes plus douces et creusées simplement par l'action des eaux. Les ruisseaux y sont alors beaucoup plus nombreux, et les croupes des montagnes, quoique fortement allongées, sont en général arrondies.

Enfin, les couches argileuses, si abondantes dans les terrains tertiaires, donnent souvent à ces terrains la propriété de retenir les eaux ; aussi leur surface est-elle fréquemment couverte d'une quantité prodigieuse de petits étangs qui donnent au pays une physionomie particulière. Les départements d'Indre-et-Loire, de Loir-et-Cher, du Loiret, ainsi que les plaines si fertiles de la Bresse, nous offrent des exemples de cette disposition.

Je ne puis indiquer un département où toutes les couches sédimentaires soient mieux dessinées que celui des Ardennes. En parcourant ce pays, depuis la frontière du département de la Marne jusqu'au delà de Charleville, avec la carte géologique de MM. Sauvage et Buvignier à la main, l'on passe successivement de la formation crétacée jusqu'aux schistes de transition, et toutes les formations du terrain secondaire se dessinent successivement sur une échelle assez vaste pour bien les étudier; la forme des mamelons et des montagnes fait reconnaître de loin les différentes formations, et, lorsqu'on les gravit, l'on constate le pendage régulier des couches.

Gisements habituels des combustibles fossiles qui peuvent être recherchés par sondages.
Anthracite, houille, lignite, tourbe.

Anthracite. Ce combustible minéral existe principalement dans les terrains de transition, et dans la partie supérieure de ces terrains. C'est là qu'est son gisement *normal*, et si on le rencontre ailleurs dans la série des couches sédimentaires, c'est par accident, et souvent par des causes qui ont agi, postérieurement à sa formation, sur le dépôt de combustible qui le représente ; tels sont, par exemple, certains lignites des terrains tertiaires qui se trouvent en contact avec les basaltes, et qui ont été transformés en anthracite, probablement par un effet dû au basalte qui, par la chaleur, aurait fait distiller le bitume du lignite, et aurait amené ce dernier à la nature de l'anthracite. Les anthracites des régions alpines sont également, ainsi que l'admettent la plupart des géologues, d'après les savants travaux de M. Élie de Beaumont, d'un âge postérieur à l'époque de transition, et doivent être attribués à une transformation métamorphique de dépôts charbonneux du lias. Le combustible charbonneux des terrains de transition est tantôt en petites couches, tantôt en masses, en amas, en filons au milieu des roches arénacées les plus anciennes, qu'on nomme *grauwackes*, au milieu de roches schisteuses, ou amygdaloïdes, ou fragmentaires, etc. Les terrains houillers placés immédiatement au dessus des terrains de transition, renferment aussi assez souvent de l'anthracite, tantôt sous forme de nids particuliers, tantôt auprès de failles qui traversent les couches de houille.

La *houille*, ainsi que nous l'avons vu, se trouve toujours en masses, quelquefois en amas, le plus ordinairement en couches, et rarement en filons dans les grands dépôts arénacés désignés sous le nom de *grès houillers*, au dessus des calcaires, par lesquels commence la série des terrains secondaires. Le grès des dépôts houillers est souvent composé de quartz, de feldspath et de mica, ce

qui lui a fait donner le nom de *granit recomposé*. Les grains qui le composent sont de grosseur variable. Quand le grès est à grains fins et le mica abondant, la roche devient schisteuse. Une autre roche qui accompagne la houille est une argile schisteuse peu solide, se fendillant facilement, ou friable; sa couleur est noirâtre ou bleuâtre. Elle est quelquefois imprégnée de bitume et prend le nom de *schiste bitumineux*, *schiste inflammable*, *etc.* C'est dans ces argiles schisteuses que se trouvent les empreintes dont nous avons parlé. C'est aussi dans cette roche que l'on rencontre le fer carbonaté lithoïde si remarquable dans ces terrains. L'argile schisteuse sert de toit et de mur aux couches de houille. Ces couches sont plus ou moins nombreuses et vont quelquefois jusqu'à soixante, toujours séparées les unes des autres par l'argile schisteuse et le grès houiller. Leur épaisseur varie depuis 30 à 60 centimètres jusqu'à 6 à 7 mètres et au delà. La stratification des terrains houillers est très prononcée. Ils présentent nettement les stratifications périodiques, c'est-à-dire que l'on observe toujours le même ordre dans la disposition des couches qui recouvrent chaque veine de houille. Ces couches sont tantôt presque horizontales, tantôt fortement inclinées à l'horizon, mais le plus souvent elles ont une forme que l'on désigne sous le nom de fond de *bateau*, c'est-à-dire qu'elles se relèvent également de chaque côté contre les roches auxquelles elles sont adossées. Souvent aussi les couches de houille sont irrégulières dans leur allure; ainsi dans telle localité, elles se présenteront sous forme de plis en *zig-zag*, dans telle autre, leur longueur ou leur étendue sera interrompue par des *failles* profondes; dans telle autre enfin, le combustible sera mêlé avec les matières pierreuses qui lui servent de toit ou de lit, à tel point que l'exploitation en deviendra impossible : c'est ce que l'on nomme *brouillage* en terme de mineur. Dans le cas de la disposition en zig-zag, les deux lisières schisteuses suivent les mêmes inflexions que la houille, de sorte que les couches ne cessent pas d'être parallèles entre elles. On ne

peut guère expliquer ces espèces de fractures, qu'en supposant que quelques parties du sol ont éprouvé un affaissement, avant que les matières du terrain houiller fussent entièrement solidifiées. Dans le cas de faille, accident qu'il est facile d'expliquer, la fente suivant laquelle s'est faite l'interruption des couches de houille, est remplie par des matières étrangères, mais en général par des débris du terrain ; il faut alors traverser ces fentes, pour retrouver la couche du combustible qui se trouve toujours plus basse du côté où elle plonge.

Les couches de charbon de terre se trouvent ordinairement au pied des chaînes de montagnes primitives, dans des localités qui annoncent par leur disposition qu'elles furent jadis des vallées sous-marines, des golfes, des bassins, dans les temps où la contrée était encore en partie couverte par l'Océan. On voit que ces couches suivent toutes les sinuosités des terrains qui leur servent de base; mais on n'en a jamais trouvé dans l'intérieur des montagnes. La houille paraît s'être déposée dans toute la longueur des vallées et souvent même dans les vallées adjacentes; en sorte que, la direction de ces vallées étant connue, on en conclut la disposition des couches de houille qui forment toujours une grande quantité de petits bassins, disposés dans la direction de la vallée principale.

Les Iles Britanniques, la France, la Belgique, la Silésie et certaines parties de l'Allemagne septentrionale, sont à peu près les seules contrées européennes où le terrain houiller existe sur des étendues notables.

Dans ces contrées, il constitue le plus souvent des bassins isolés, qui, parfois, ont à peine 1 kilomètre carré de surface, et d'autres fois en ont plusieurs centaines ; les plus remarquables sont, sur le continent, le bassin de Saint-Étienne, dans une cavité de gneiss et de micaschiste ; celui d'Aubin dans l'Aveyron ; celui d'Alais dans le Gard ; ceux du Creusot et de Montchanin (Saône-et-Loire) ; celui de Brassac (Puy-de-Dôme) ; de Decise (Nièvre) ;

de Ronchamps (Vosges) ; de Sarrebruck, d'Essen et Verden, de Silésie, etc.

M. Amédée Burat donne un tableau approximatif des extractions de houille, d'après lequel on peut se faire une idée de la répartition du terrain houiller dans les différentes contrées où il a été jusqu'à présent observé avec ses caractères essentiels.

	Quintaux métriques.
Iles Britanniques.	340,000,000
France.	39,000,000
Belgique.	34,000,000
États du Zollverein.	32,000,000
Autriche.	6,000,000
Espagne.	1,000,000
États-Unis d'Amérique.	25,000,000

Le terrain houiller n'est pas toujours disposé en forme de bassin; ainsi, la masse qui occupe une partie de la Belgique en se prolongeant d'un côté jusqu'à Aix-la-Chapelle, de l'autre jusqu'à Douai et Valenciennes, où il apparaît sous les terrains crétacés, ne peut être considérée comme un bassin; c'est une longue bande à laquelle appartiennent peut-être aussi les houillères d'Hardinghen, dans le Boulonnais; c'est dans la prolongation de cette immense étendue de terrain houiller que se trouvent les riches mines d'Anzin, dont les puits d'extraction atteignent jusqu'à 6 ou 700 mètres, et dont les galeries ont quelquefois 2 kilomètres de tracé.

La recherche de la houille au moyen de la sonde ne doit être faite que lorsque les pendages ne tendent pas à la verticalité; sans quoi, la sonde pourrait descendre à l'infini entre deux couches sans rencontrer aucune d'elles; nous nous dispenserons de nous étendre sur la formation et l'origine de la houille; nous renverrons à la Géologie appliquée aux minéraux utiles de M. A. Burat, excellent ouvrage, où l'auteur traite de la recherche et de l'exploitation des mines.

Pour en terminer avec les gisements des combustibles fossiles, il nous reste à parler de ceux du *lignite* et de la *tourbe.*

Les différences qui existent entre le lignite et la houille sont connues; l'on sait que le lignite présente plusieurs variétés de forme ; à chacune de ces variétés appartiennent des gisements particuliers. Le lignite terne ou lignite commun, est le seul qui constitue des dépôts un peu considérables; les autres n'existent qu'accidentellement. Il se présente de deux manières dans le sein de la terre : ou en lits réguliers plus ou moins étendus, ou en amas interrompus qui semblent avoir rempli de vastes cavités. Dans la première circonstance, il ne paraît se trouver que dans un seul terrain, le terrain tertiaire inférieur ; dans la seconde, il se rencontre dans des formations assez différentes, depuis les terrains houillers proprement dits jusqu'aux terrains les plus superficiels.

Au lignite en bancs continus appartiennent, par exemple, le *lignite soissonnais* que nous avons vu placé dans les parties inférieures des terrains tertiaires, au milieu de l'argile plastique, les lignites de la molasse suisse, de Wissembourg, en Alsace, de l'île de Shepey, à l'embouchure de la Tamise, etc. Le lignite en amas épars et en fragments, que l'on peut considérer comme roche subordonnée, a reçu le nom de *lignite de l'île d'Aix* (lieu où on le remarque le plus distinctement). On le rencontre dans le terrain houiller ancien, dans le calcaire jurassique, dans les terrains crétacé, tertiaire, et jusque dans les terrains modernes.

On sait que l'on emploie fréquemment les lignites en agriculture, et surtout dans les départements du nord où ils sont connus sous le nom de *cendres noires.* On les répand en petite quantité sur les terres et surtout sur les prairies, soit au moment où l'on vient de les extraire, soit après les avoir laissés assez longtemps exposés à l'air. Dans le département du Nord, où le plâtre n'existe pas, on en prépare artificiellement pour amender les prairies, en faisant un mélange de ces lignites pyriteux et de chaux vive. Enfin, on se

sert des lignites chargés de pyrites pour obtenir de l'alun et du sulfate de fer, par l'action de l'oxygène de l'air qui change le sulfure en sulfate, dont une partie réagit alors sur l'alumine, pour former ainsi des sulfates de fer ou d'alumine.

La *tourbe* se forme dans les dépôts d'eau stagnante, mais il paraît qu'elle se forme plus abondamment dans les pays du nord que dans ceux du midi. On la rencontre à toutes les hauteurs, et elle se forme aussi bien sur les plus hautes montagnes que dans les plus basses vallées. Elle est généralement superficielle au sol, et appartient exclusivement aux terrains d'alluvion ; elle se forme même de nos jours en assez grande quantité. On en trouve souvent de grandes masses dont la formation a été interrompue par un dessèchement plus ou moins long, et qui sont alors coupées par un banc de terre végétale. D'autres ont éprouvé les effets de grandes alluvions qui les ont, à diverses reprises, couvertes de sable, d'argile, et ont, par conséquent, formé des bancs variables de composition. D'autres fois enfin la formation de la tourbe a été continue dans toute sa masse. Il paraît que la tourbe se régénère dans les fosses d'où on l'a extraite, mais on n'est pas d'accord sur le temps nécessaire à sa reproduction.

Sel gemme et sources salées.

Les gisements de sel gemme et de gypse se rencontrent parfois dans les terrains tertiaires ; les célèbres mines de Wieliska en Pologne sont dans cette formation. Dans le sondage que j'ai exécuté à Haguenau, c'est aussi dans le terrain tertiaire, de 280 à 290 mètres, que j'ai rencontré des eaux salées qui ont remonté jusqu'au sol ; d'autres fois le sel gemme existe dans la craie, comme en Catalogne.

Dans les Carpathes, les masses de sel se rencontrent dans l'oolithe supérieure, mais leur gisement principal est à la base des marnes irisées ou keuper et toujours en descendant jusqu'au Zeichtein ; ainsi, en Allemagne, on les exploite dans la formation du

muschelkalck ; en Angleterre, c'est dans le calcaire magnésien.

Les départements de l'est de la France renferment des gisements considérables de sel gemme, à Dieuze et à Vic ; les premières couches se trouvent à 55 et 67 mètres du sol ; 12 couches successives, séparées par le salzthon, ont été traversées ; plusieurs ont 10 et 14 mètres de puissance ; à Montmorot, les premiers gisements se rencontrent avant 100 mètres et présentent une grande épaisseur.

A Salins, nous avons, après 200 mètres, traversé plusieurs couches, et nous donnerons (planches 15 et 16) la coupe de ce sondage qui a présenté les plus grandes difficultés qu'un sondeur ait eu à surmonter. Il s'agissait de reprendre un forage abandonné depuis 18 ans, et dans lequel des outils de toute nature étaient enfouis. Après avoir d'abord relevé la colonne de tuyaux de retenue, et équarri le sondage pour obtenir un plus grand diamètre et pouvoir descendre successivement plusieurs colonnes de tuyaux, nous avons dû le redresser. Il était tellement oblique, qu'à 120 mètres nous avons quitté les anciens travaux et n'avons depuis rencontré aucun des débris que les sondages précédents y avaient abandonnés. M. de Grimaldy a fait cesser ce forage à 260 mètres, après avoir traversé plusieurs couches de sel ; il laisse ainsi d'autres couches qu'il pourra explorer plus tard, le sondage ayant un diamètre suffisant pour être encore approfondi et tubé.

La législation française ne permettant pas de livrer à l'agriculture le sel avec exemption de droit, et cet impôt équivalant à une espèce d'interdiction, les extractions se font généralement au moyen de sondages que l'on tube pendant et après leur achèvement, et dans lesquels des pompes retirent les eaux suffisamment saturées pour être de suite mises au feu. En effet, le sel non raffiné payant comme le sel pur livré à la consommation, les exploitants ont plus d'avantage à en agir ainsi.

Les marnes irisées ont quelquefois une très grande puissance ; ainsi, dans le Luxembourg, MM. Roost et Biver ont fait exécuter à

Cessingen par M. Kind, un sondage de 540 mètres (voir planche 29, fig. 3), dans lequel cette formation a près de 400 mètres. M. D'Œynhausen fait exécuter près de Minden un sondage qui est déjà à 780 mètres, c'est la plus grande profondeur atteinte jusqu'à ce jour.

La deuxième édition de la Géologie appliquée, de A. Burat, à laquelle j'ai déjà renvoyé au sujet des gisements, des combustibles fossiles, offre, pages 83 et suivantes, des détails sur les gisements de sel gemme et des eaux salées, ainsi que sur leur mode d'exploitation, et je crois ne pouvoir mieux faire que d'engager de nouveau à recourir à ce livre, qui a l'avantage rare de présenter les connaissances géologiques d'une manière attrayante et de les mettre à la portée des gens du monde qui désirent connaître sans prendre la peine d'étudier des éléments toujours arides.

CHAPITRE III.

CONNAISSANCES NÉCESSAIRES ET DEVOIRS D'UN CONDUCTEUR DE SONDAGES.

La manœuvre de la sonde, dans un terrain solide et uniforme, ne demande que quelques heures d'observation pour être bien comprise, mais il n'en est pas de même lorsque l'application doit être faite sur une grande échelle, et que la sonde doit traverser alternativement des formations solides, et des formations fluides ou éboulantes; l'intelligence et la théorie ne suffisent plus, il faut de la pratique; il faut avoir vu et observé beaucoup.

Un sondeur ne doit pas se borner à être un perceur de trous; il faut qu'à la pratique des outils, il joigne les connaissances théoriques, indispensables pour savoir si le travail qu'il entreprend est dans les conditions nécessaires pour réaliser le but qu'on se propose, et si la dépense à faire ne dépassera pas la valeur du résultat cherché.

Je vais indiquer successivement les connaissances qu'il doit avoir, s'il ne veut pas rester un manœuvre routinier.

1° Il doit acquérir des notions géologiques suffisantes pour connaître la puissance probable et l'ordre de superposition des couches formant chaque grand étage de l'écorce du globe.

2° Savoir dessiner suffisamment pour faire une coupe de sondage exécuté, dresser un croquis d'une machine ou d'un outil à faire.

3° Savoir prendre un nivellement et connaître assez bien la levée d'un plan pour se rendre compte du point où il doit opérer,

dans un bassin hydrographique ou minéralogique; sans quoi, pour une recherche d'eau, il pourra se placer à un niveau supérieur au point d'affleurement des formations qu'il doit traverser, et les eaux qu'il rencontrera resteront d'autant en contre-bas du sol. Si c'est un gisement minéralogique, il faut qu'il puisse se rendre compte du pendage des formations, pour calculer le point où il doit forer, afin de ne pas descendre à des profondeurs infranchissables par les dépenses qu'elles occasionnent, et en même temps calculer une distance suffisante pour que la sonde rencontre l'affleurement devenu couche exploitable.

4° Il doit avoir des notions de statique et de mécanique, pour établir son équipage de sonde d'une manière rationnelle et peu dispendieuse, et le modifier au besoin, suivant un emplacement gênant ou un approfondissement plus grand que celui prévu d'abord ; il doit pouvoir apporter, suivant les circonstances, les modifications nécessaires pour rectifier la première organisation de son équipage de sonde. Enfin, il doit savoir appliquer, comme force motrice, une machine à vapeur aux engins mus, dans le commencement du sondage, par les bras d'hommes; savoir bien diriger cette machine et la réparer au besoin. Beaucoup de travaux de sondage se font à de grandes distances des localités où l'on trouve des mécaniciens ; il est donc nécessaire que le sondeur connaisse la trempe du fer et de l'acier, sans quoi il verra souvent brûler ou détruire par le maréchal ferrant du village, les outils qu'il lui aura donnés à réparer ou seulement à affûter.

Dans un grand sondage, l'on établit une forge volante ; il doit donc connaître suffisamment le travail du fer pour diriger et commander son forgeron.

Un conducteur de sondage doit être doué d'un esprit d'observation suivi, avoir de l'ordre et de la méthode, non seulement dans les comptes qu'il tient pour la paye des ouvriers et les dépenses accessoires du forage, la tenue de son journal de travail et le classement des terrains ramenés par la sonde, mais il doit être

attentif à l'état de l'outil travailleur au moment où il le descend dans le trou, l'examiner au moment où il est remonté au sol et comparer les formes des taillants, qui dans un temps égal ont fait plus d'ouvrage en se détériorant moins ; lorsqu'il travaille dans une roche continue, il ne doit laisser descendre ni remonter aucun trépan sans le passer dans un calibre en fer, sans quoi, en peu de temps, son sondage prendrait une forme cônique qui diminuerait le forage. Au contraire, s'il était de quelques millimètres trop fort il se trouverait pincé et ne pourrait agir régulièrement dans le mouvement de percussion.

Le conducteur doit, après le montage de la chèvre et de son travail, bien classer et inventorier son matériel ; pendant le sondage, il doit veiller à ce que toutes les tiges soient constamment réemployées dans le même ordre, avoir pris exactement la longueur de chacune d'elles ainsi que le diamètre du fer, afin que, sans perdre de temps à prendre des mesures, il sache toujours positivement la profondeur du sondage ; si une rupture a lieu, il se rend de suite compte de l'endroit où est placée la portion d'outil restée dans le trou ; son journal lui indique la nature du terrain où doit travailler l'outil raccrocheur, et, sans aucun tâtonnement, il descend l'outil convenable. Une rupture d'outil ou de tige n'est rien lorsque le sondeur connait bien son outillage et son trou de sonde, il répare l'accident du premier coup ; mais s'il tâtonne, il l'aggrave.

Avant de commencer un sondage, le conducteur se précautionne d'un casier en forme de damier, et met à chacune des cases un numéro d'ordre qui correspond au journal, dont nous allons donner le modèle. Chaque fois que la sonde remonte, il examine, à la base de l'outil, le terrain ramené, et, à chaque variation, il en place un ou deux échantillons dans une des cases, en suivant l'ordre de numéros, de manière à présenter de suite, et sans examen difficile, la succession des terrains traversés. Lorsque les couches sont peu épaisses, il ne conserve qu'un échantillon

de chacune d'elles ; lorsqu'elles sont puissantes il en conserve de mètre en mètre. Chaque échantillon doit se composer d'un petit prisme en pâte retirée de la tarière et de quelques fragments de la roche broyée ; en se donnant la peine d'enlever la boue ramenée par la soupape ou par la tarière, on en recueille toujours assez. Il est des cas où les fragments solides des terrains suffisent comme échantillons, mais, souvent aussi, on a besoin de la pâte pour la soumettre à l'essai par les acides. La boîte d'échantillons formée au fur et à mesure de l'avancement du travail, sert à contrôler le journal et, à la fin du sondage, à établir une coupe géologique exacte.

Nous donnons ci-après le modèle du journal à tenir dans un sondage ; sa tenue minutieuse et exacte chaque jour est indispensable, si l'on veut se rendre compte de ce qui a été fait. Des journaux de sondage bien tenus sont de toute nécessité pour un entrepreneur, afin d'éviter, à des distances de temps, quelquefois très éloignées, de refaire des écoles souvent coûteuses ; lorsque l'on ne connaît pas le terrain à perforer, ils lui servent encore à se fixer d'une manière positive sur le temps et la dépense des forages à entreprendre, et à faire, par conséquent, des traités rationnels.

Le conducteur doit mentionner la rencontre de différents niveaux d'eau ; la hauteur du point du sondage au-dessus de la rivière près laquelle il se trouve, ainsi que celle au-dessus de la mer, doivent aussi être notées en tête du journal.

Les moindres changements dans le terrain doivent être indiqués ; les points où les instruments s'arrêtent plus souvent que dans d'autres étant observés, il sait quelles difficultés l'on aura à vaincre pour les tubages, et à quels points l'équarissoir devra roder plus longtemps.

Le chapitre des accidents doit surtout être bien détaillé ; il faut décrire le résultat de chaque outil chercheur ou raccrocheur, afin de bien approprier celui que l'on fait faire de nouveau à la situation du trou et à celle des fragments de fer qu'on y

cherche; sans précautions, sans mesure exacte des tiges, l'on chercherait indéfiniment un outil dans le trou de sonde sans être sûr de le toucher, et l'on aggraverait le mal au lieu d'y remédier. Chaque tige doit être inscrite dans son ordre de descente, et un tableau placé dans la colonne d'observations du journal, doit indiquer non seulement la longueur de chacune d'elles, mais aussi la grosseur du fer.

Le conducteur d'un sondage doit, outre la tenue régulière de son journal et de sa boîte d'échantillons, veiller à la bonne tenue de son matériel; lorsqu'une série d'outils ne sert plus, parce qu'un tubage a rétréci le diamètre, il doit y faire faire toutes les réparations pour sa remise en bon état et la mettre à part, faire graisser les tenons des emmanchements et envelopper les pas de vis, de manière à en garantir les arêtes.

Il doit visiter de temps à autre sa chaîne-câble pour s'assurer qu'aucun maillon ne se détériore, avoir soin de la faire graisser pour la garantir de la rouille, visiter et graisser les engrenages et arbres de son treuil, remédier au jeu que les différentes pièces peuvent prendre pendant le travail, surtout après qu'un effort accidentel a eu lieu.

Les Écoles d'arts et métiers fournissent des sujets propres à acquérir facilement et en peu de temps les connaissances nécessaires à un bon conducteur de sondage; quant à moi, je n'ai eu qu'à me louer des jeunes gens que M. Dauban, directeur de l'École d'Angers, m'a procurés; l'un d'eux, M. L. Ayraud, entré chez moi il y a quinze ans, est aujourd'hui mon principal collaborateur, et je me plais à reconnaître ici que je dois à sa capacité et à son dévouement éclairé une grande partie des modifications que j'ai apportées à l'outillage des équipages de sonde; presque toutes les planches de ce volume ont été gravées d'après ses dessins; il est chargé aujourd'hui de l'inspection et de la direction supérieure des travaux que j'entreprends. Les connaissances géologiques qu'il a acquises par l'observation et l'étude, lui ont donné un coup

d'œil pratique important. Ses connaissances et son aptitude mécanique font que, depuis plusieurs années, je m'en remets complétement à lui pour les travaux lointains, et c'est aux souvenirs qu'il a laissés en Afrique et en Russie que je dois de continuer à approvisionner exclusivement ces contrées des outils de sondage qui y fonctionnent aujourd'hui.

M. Gazeau, élève de la même école, a déployé, pendant son séjour de plusieurs années en Andalousie, un zèle et une intelligence qui m'ont acquis le monopole des fournitures d'équipage de sonde dans la péninsule, non seulement auprès des compagnies d'exploration, mais aussi chez les particuliers; il dirige en ce moment le sondage que j'exécute dans le palais du roi, à Naples, et qui dépasse déjà 200 mètres.

Plusieurs autres élèves sortis d'Angers me prouvent chaque jour que la tête de l'École des arts et métiers de cette ville est une bonne pépinière, non seulement pour former de bons conducteurs de travaux, mais aussi des ingénieurs pratiques; je citerai particulièrement M. Laurent et aussi M. Mauget, qui conduit le sondage de Condé, près Donchery (Ardennes); ce sondage a déjà dépassé la profondeur de 346 mètres.

L'on peut aussi se procurer de bons directeurs de sonde à l'École des mines de Saint-Étienne ; s'ils ont une infériorité pratique, sous le rapport mécanique, comparativement aux élèves des Écoles d'arts et métiers, ils ont une supériorité marquée pour être employés dans les exploitations minéralogiques où les connaissances acquises à cette école sont indispensables, et où les sondages ne sont qu'accidentels, soit pour recherches de gisements, écoulements d'eau ou puits d'aérage.

ANNÉE 184 — Modèle du **JOURNAL DU SONDAGE DE**. . . . . COMMUNE DE

Pour recherche d. . . . . DÉPᵗ

Nᵒˢ des échantillons.	DATES des jours de — Chômage.	DATES des jours de — Travail.	NATURE DES TERRAINS.	NOMBRE DES VOYAGES de — Trépan.	Tarière ouverte.	Tarière à soupape.	Élargisseur.	Outils raccrocheurs.	ÉPAISSEUR FORÉE à la fin de la journée.	PROFONDEUR du sondage à la fin de la journée.	ÉPAISSEURS des couches.	NIVEAUX DE L'EAU au-dessous et au-dessus du sol.	OBSERVATIONS. Nota. Indiquer au haut de chaque page le diamètre du sondage et la profondeur tubée.
	Décembre.								m.	m.	m.	m.	*Profondeur tubée de* 6ᵐ,30 ; 1ᵉʳ *diamètre du forage* 0ᵐ,29.
	15												Arrivée du matériel sur l'emplacement des travaux.
		16	Terre rapportée.	»	»	»	»	»	3,30	3,30	0,75		
1			Terre végétale.	»	»	»	»	»	»	»	0,55		Montage de la chèvre et commencement de la fouille, ayant à l'origine 2 mètres de côté.
2			Sables fins.	»	»	»	»	»	»	»	»		
3		17	id.	»	»	»	»	»	1,50	4,80	3,50	4,70	
		18	Cailloux roulés.	»	10	»	»	»	0,40	5,20	»		Achèvement de la fouille à 4ᵐ,80.
4													Descente d'un tuyau de garantie de 0ᵐ,27 de diamètre intérieur, dans lequel on voyage avec une tarière presque fermée de 0ᵐ,18 et 1 trépan de 26.
		19	id.	»	11	»	»	»	0,80	6,00	»		
		20	id.	»	»	»	»	»	»	»	1,50		
5			Marne blanche	1	8	2	»	»	0,70	6,70	»		Commencement du tableau des tiges de sondes.
	21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Fête.
		22	id.	2	2	»	»	»	»	»	0,60		
6		23	Marnes grises et plaquettes calcaires.	»	4	3	»	»	3,20	9,90	»		

CHAPITRE IV.

DES DIFFÉRENTES APPLICATIONS DE LA SONDE.

Des sondes d'exploration pour l'étude des terrains. — De l'enfoncement des pilotis et de la pose des pieux pour les lignes télégraphiques.—Des puits d'amarres pour les ponts suspendus. — Des sondages sous-marins pour la destruction des rescifs et l'étude des ports. — Des sondages horizontaux. — Des sondages des mineurs et de la recherche des gisements minéralogiques et métallifères. — Des puits d'aérage de mines. — Des puits absorbants pour dessèchements ou pour absorption des eaux fétides provenant d'usines. — Des puits artésiens ou recherche des eaux souterraines et de leur application.

La sonde n'est étrangère aujourd'hui à aucun travail souterrain. Sa forme et sa composition varient suivant le but que l'on se propose; elle est simple ou compliquée, et elle diffère beaucoup de ce qu'elle était, lorsque son application était plus restreinte.

Je vais indiquer dans les sections suivantes de ce chapitre les différentes applications faites jusqu'à présent, et les modifications qui en ont été la conséquence. Je traiterai ensuite avec détail l'outillage et les engins de manœuvre que je me borne à indiquer dans ce chapitre.

DES SONDES D'EXPLORATION.

Les Sociétés d'agriculture, et les personnes qui font valoir en grand leurs domaines, emploient depuis quelques années, avec

succès, de petites sondes portatives pour rechercher des marnes, des sables, des argiles ou des pierres à bâtir.

Le génie militaire fait un usage habituel de la sonde d'exploration avant d'asseoir des massifs énormes de maçonnerie, sur un sol dont la partie inférieure lui est inconnue.

Les carriers et entrepreneurs de bâtiments s'en servent, les premiers, pour connaître la puissance des bancs à exploiter, et les seconds, pour s'assurer que les terrains leur offriront une base assez solide pour supporter les édifices qu'ils ont à élever.

Les ingénieurs des ponts et chaussées l'utilisent pour établir avec exactitude les cahiers des charges d'adjudication des travaux de terrassement, pour les études de chemins de fer et de canaux, pour poser les piles des ponts, ou faire des puits d'amarres à l'effet de fixer les câbles et chaînes des ponts suspendus;

Les maîtres de forge et d'autres usines, pour les recherches de minéraux et connaître la puissance des gisements avant d'ouvrir des excavations;

Enfin les archéologues, pour explorer un sol qui, d'après l'histoire ou les traditions, doit être riche en antiquités.

Les sondes d'exploration doivent être construites avec solidité pour éviter les ruptures, et légèreté, afin d'être maniables et de pouvoir se transporter à dos d'homme d'un point à un autre.

J'ai cherché à réunir ces deux qualités, et je pense que les sondes nos 5 et 6, représentées à la planche 7, répondent à ces conditions. Le grand nombre que j'en ai livré me le prouve.

Les sondes d'exploration, quoique simples, sont cependant composées d'outils différents pour avancer dans des terrains divers. Je vais en indiquer ci-après la composition la plus complète, en observant préalablement, que l'on peut, dans les terrains secs, se dispenser d'acquérir les soupapes, et que, dans les terrains tourbeux, argileux ou sableux, les trépans sont inutiles.

La sonde n° 5 a généralement de 15 à 30 mètres de longueur, et les outils ont de 0m,08 à 0m,09 de diamètre; son poids varie de 100 à 220 kil., et son prix de 300 à 600 fr.

La sonde n° 6 a généralement de 8 à 15 mètres de longueur et ses outils de 0m,06 à 0m,08 de diamètre; son poids varie de 75 à 120 kil., et son prix de 200 à 350 fr.

La composition des deux sondes est la même; seulement, lorsque les sondages doivent dépasser 15 mètres de profondeur, il est bien, pour accélérer le travail et éviter de la fatigue aux hommes, d'employer une petite chèvre, dessinée planche 19, figure 10.

COMPOSITION DES SONDES N°s 5 ET 6 (PL. 19).

Pied de bœuf ou clef de relevée, fig. 14. Cet outil n'est utile que lorsque l'on doit employer une chèvre. Fig. 10.

La chèvre se compose de trois montants en sapin de 0m,15 de côté, dressés sur un encadrement rectangulaire. Les montants sont frettés avec du feuillard pour qu'ils ne se fendent pas, et sont réunis par un boulon. Les deux montants qui forment jumelles sont consolidés par une croix de Saint-André très légère; ils sont munis de deux tasseaux qui rendent leurs surfaces parallèles pour le placement d'une poulie. D'autres fois, l'on fixe un crochet au troisième montant, auquel on accroche tout simplement la poulie par une chappe. Les montants se réunissent aussi par un chapeau à trois branches dont l'une fait charnière; la plaque du chapeau est percée pour recevoir le boulon ou tige de la chappe de poulie.

Si la sonde est pesante l'on emploie un tour en bois que l'on assujettit aux deux montants formant jumelles, ou à un treuil à engrenage qui peut se poser sur deux pièces longitudinales passées sous l'empattement de la chèvre.

Pour de petites profondeurs, la chèvre est composée de trois

montants sans croix de Saint-André et sans encadrement à la base, une tarière pour le percement de deux ou trois trous, et trois morceaux de bois de la longueur convenable, suffisent pour la construire.

Tête de sonde à œil et à anneau, fig. 15, 16.

Clef de retenue, fig. 12.

Tourne à gauche de manœuvre, fig. 11.

Manche à clavette ou à vis de pression, fig. 13.

Tiges de sonde de 2 à 4 mètres de longueur, fig. 1 et 8.

Tarière ouverte, fig. 3.

Tarière rubannée ou langue, fig. 5.

Trépan ou casse-pierre, fig. 2.

Soupape à mèche et à clapet, fig. 4.

Soupape à boulet et à langue ou simplement à anse et à corde, fig. 9.

Cloche filetée, fig. 7.

Caracole, arrache-sonde, fig. 6.

Tuyaux de 0m,07 à 0m,08 de diamètre, fig. 17. Lorsque les terrains exigent le placement des tuyaux sur 10 ou 15 mètres de profondeur, il est nécessaire d'ouvrir le petit trou de sonde à un premier diamètre indépendant de celui des outils que je viens d'énumérer; si ces derniers ont 0m,06, le tuyau aura 0m,08 à l'extérieur, par conséquent, les outils que l'on prendra d'abord pour les descendre auront 0m,085 à 0m,09. Un trépan et une tarière suffisent généralement pour cet objet, ou, dans d'autres cas, une tarière ou une soupape; quelquefois une tarière seule suffit.

Ces tuyaux de petit diamètre et de faible tôle ne doivent pas être assemblés avec des boulons, mais avec des rivets. L'instrument nécessaire pour cette simple opération peut être fabriqué sur place.

DE L'ENFONCEMENT DES PILOTIS AU MOYEN DE LA SONDE.

L'habitude est d'enfoncer les pilotis à l'aide d'un mouton que des hommes élèvent au haut d'une sonnette et abandonnent ensuite, dans sa chute, à son propre poids. Dans quelques terrains, il faut ferrer les pieux à la base et à la partie supérieure, mais quelquefois, la résistance est telle qu'ils refusent de marcher et se brisent. L'emploi de la sonde est plus prompt et plus économique, nous en avons souvent fait l'expérience; nous nous bornerons ici à citer l'application faite l'année dernière, dans une position difficile, par M. Kermingan, ingénieur en chef des ponts et chaussées du département de la Dordogne.

Cet ingénieur nous adressa une coupe du terrain dans lequel il voulait enfoncer soixante pilotis (voir pl. 18, fig. 2). Nous lui envoyâmes les outils nécessaires. Les travaux dirigés par le conducteur des ponts et chaussées ont amené les résultats désirés. La location de trois équipages de sonde a coûté à l'administration, en sus des frais de transport, la somme de 920 fr. Si l'on eût procédé par l'ancien système, la dépense qui en serait résultée eût été beaucoup plus considérable.

La fig. 2, pl. 18, est une coupe d'un de ces soixante sondages. Un premier tube de garantie de 3^{m},70 de longueur, intercepte un lit de boue et de cailloux qui recouvrait un massif de béton, manquant de solidité, et reposant sur l'alluvion de la rivière d'Isle. Une construction solide ne pouvait être assise que sur des pilotis dépassant lesdites alluvions et fixés dans le calcaire. La maçonnerie a été traversée au diamètre de 0^{m},28 ou 0^{m},29; l'on a passé le lit de sables et de graviers à l'aide d'un second tuyau de garantie de 0^{m},25 intérieur, dans lequel on a travaillé à ce même diamètre ou à peu près, et on a foncé dans le calcaire de 0^{m},50 à 0^{m},80. Le passage fait, l'on retirait le second tuyau pour le remplacer par le pieu muni d'un sabot, que l'on chassait

à coups de mouton, jusque sur le banc résistant. Si, dans d'autres localités, les alluvions sont fort puissantes et s'opposent, par leur frottement, à l'enfoncement du pieu, il convient de s'en garantir par une colonne de gros calibre, dans laquelle on introduit le pieu sans difficulté.

M. Flachat, voulant établir la télégraphie électrique de Paris à Versailles, s'est servi de la sonde pour poser les poteaux, destinés à recevoir les fils conducteurs. 476 de ces poteaux ont été placés en moins d'un mois, au moyen d'autant de sondages qui, ne désagrégeant pas le terrain, ont évité tout travail de maçonnerie. Ces sondages de 1^{m},50 à 2 mètres de profondeur sont revenus à 3 fr. 50 cent. l'un, quoique plusieurs aient été faits dans la roche dure. Ces deux exemples suffisent et dispensent, je crois, d'entrer dans d'autres explications.

DES PUITS D'AMARRES POUR LES PONTS SUSPENDUS ET DE LA CONSOLIDATION DES PORTIQUES DESTINÉS A SUPPORTER LA PARTIE ÉLEVÉE DES CABLES-CHAINES.

Nous nous bornerons également ici, pour démontrer l'utilité de la sonde dans ces circonstances, à énoncer les applications faites par MM. Chalet et de Surville.

Lorsque M. Chalet entreprit le beau pont de la Roche-Bernard, élevé de 40 mètres au dessus de la Vilaine, il reconnut promptement que les gneiss sur lesquels reposent les piles ne pouvaient, à cause des nombreuses fissures de cette formation, être utilement creusés à la mine, et il fit faire des sondages pour y placer les amarres des câbles en fil de fer qui soutiennent le pont. Ce procédé a parfaitement justifié les prévisions de l'ingénieur.

Après l'achèvement de la passerelle de l'île Louviers, M. de Surville, craignant, qu'en raison de ce que le portique placé à la pointe de l'île avait à supporter sur la Seine des ponts de gran-

deurs inégales, il ne vînt à prendre un porte à faux, me chargea de creuser, aux quatre angles de la maçonnerie, des trous d'une profondeur de quelques mètres. Ces forages terminés, il encadra son portique de forts soutiens en fer et la consolidation a été parfaite.

SONDE SOUS-MARINE.

Souvent, près de l'entrée d'un port, il existe des rescifs qui apparaissent à fleur d'eau aux marées basses, ou restent seulement couverts d'une hauteur d'eau, insuffisante pour laisser passer des navires d'un tonnage plus ou moins important. Un moyen simple et peu coûteux permet de se débarrasser de ces ennemis d'autant plus dangereux qu'ils sont invisibles.

Il suffit de faire, sur le rescif que l'on veut détruire, un ou plusieurs trous de sonde jusqu'à la profondeur nécessaire, puis ensuite de les charger d'une cartouche proportionnée à la force voulue pour briser le rocher. Ce forage s'exécute en amarrant deux barques entre lesquelles la sonde fonctionne. M. le contre-amiral Montagnez de la Roque, alors lieutenant de vaisseau, a été chargé par l'amiral Duperré de passer quelque temps dans mes ateliers pour apprendre la manœuvre de la sonde, avant de se rendre à l'île Bourbon, où le gouvernement l'envoyait pour explorer le fond de la baie Saint-Denis, afin de s'assurer, au moyen de nombreux sondages, si le fond de l'embouchure de la petite rivière de Saint-Dénis était composé, jusqu'à la profondeur de 12 mètres, de cailloux charriés ou d'une masse de lave.

Cet officier supérieur a étudié avec une patience admirable toute la baie, et démontré qu'un bon port de sûreté pouvait être établi à l'île Bourbon. La retraite de l'amiral Duperré, si à même par son long séjour dans les mers de l'Inde d'apprécier l'importance d'un port de retraite dans ces parages terribles, a été cause que l'on n'a pas donné suite aux laborieux travaux de M. Montagnez de la Roque.

SONDAGES HORIZONTAUX.

Les sondages horizontaux reçoivent souvent de nombreuses applications pour la recherche des sources sur les penchants des collines, et pour l'exploration des massifs d'une exploitation de mines, dont la topographie n'a pas été continuée ou n'a été exécutée qu'imparfaitement. Il peut arriver que des galeries voisines de celle où se trouvent les mineurs soient pleines d'eau, et aient même leur niveau à plusieurs mètres au-dessus d'eux. S'ils avancent imprudemment dans le massif qui les sépare de ce réservoir, les eaux se font d'elles-mêmes une issue qui s'agrandit rapidement, remplissent en peu d'instants les galeries, et engloutissent les ouvriers. Pour éviter d'aussi graves accidents, les mineurs, avant d'enfoncer un massif que l'on suppose être percé par les eaux, y pratiquent un trou de sonde de très petit diamètre. Si le réservoir existe, les eaux qui s'en écoulent par un petit orifice, 0,04, par exemple, ne peuvent, quelle que soit leur hauteur de charge, donner lieu à aucun sinistre.

Des raisons inhérentes à la nature des propriétés, à la configuration du sol, s'opposent quelquefois à ce que l'on donne par un fossé écoulement à des eaux qui forment étang dans des parties hautes. L'on doit alors avoir recours à un aqueduc; mais si la distance depuis la prise d'eau jusqu'à son débouché n'est pas grande, un sondage horizontal correspondant à un second trou de sonde, pratiqué verticalement dans le réservoir, amène le même résultat et présente souvent, sur tout autre moyen, une grande économie.

Les ponts et chaussées emploient aussi les sondages horizontaux, pour l'assèchement des terrains qui forment les parois élevées d'une tranchée, ou pour la consolidation d'une chaussée au moyen de tirants, qui servent à presser un boisage appliqué contre les plans inclinés.

Les couches du terrain houiller sont souvent inclinées et pres-

que verticales; leur exploration demande, dans ce cas, un sondage d'une profondeur considérable, qui, si les couches étaient à peu près horizontales, serait peu profond; l'on a recours alors à un sondage horizontal, qui, dans un terrain régulier peut, sans présenter beaucoup de difficultés, atteindre une distance de 50 mètres. Ce système de sondage demandant peu de hauteur pour les engins, les recherches peuvent avoir lieu dans des galeries souterraines. Pour faire connaître l'utilité de la sonde employée horizontalement, je vais rapporter deux applications: l'une relative au percement de la route de Belleville à Romainville, l'autre du chemin de fer de Paris à Versailles (rive droite).

En 1841, M. le commandant Chabaud-Latour, chargé des travaux de l'enceinte continue à Belleville, me fit appeler, et m'exposa que les ponts et chaussées s'opposaient à ce que la route très fréquentée, placée à mi-côte, et communiquant de Belleville à Romainville, fût coupée, attendu la circulation continuelle, et que, si les eaux rencontrées en amont ne pouvaient être écoulées dans la vallée, il lui serait impossible de donner au fossé la profondeur nécessaire; je conseillai un forage horizontal à 6 mètres au-dessous de la route. Il fut exécuté en peu de jours, et ne nécessita qu'une dépense de 1,500 francs, y compris les tuyaux de conduite, qui reçurent toutes les eaux accumulées sur plusieurs kilomètres de longueur, et allèrent les épancher dans la vallée.

Sur le chemin de fer de la rive droite, un éboulement de glaise eut lieu sur une hauteur de 7 mètres et sur une longueur de 35 mètres. M. Eugène Flachat m'envoya demander plusieurs petites sondes, et, en huit jours, d'excellents résultats ont été obtenus sans que la circulation sur le chemin de fer de Saint-Cloud à Versailles ait été un seul instant interrompue. (Pl. 18, fig. 4, 4 *bis* et 5.)

RECHERCHES DE MINES.

Dans le nord de la France, le bassin houiller, connu générale-

ment sous le nom de l'exploitation la plus importante (les mines d'Anzin), s'étend sur une bande de 80 à 100 kilomètres, marchant au nord-ouest depuis la frontière, Condé et Thivincelles, jusqu'à Douai. Dans le Boulonnais, il existe aussi quelques petits îlots houillers, n'ayant plus aucun rapport avec le bassin de la Belgique qui se prolonge en France, dans la direction que nous venons d'indiquer.

Les formations à traverser avant d'arriver aux schistes houillers sont : des alluvions plus ou moins puissantes, 100 ou 200 mètres de craie, quelques mètres de poudingues, connus dans le pays sous le nom de *tourtia*, qui remplacent dans le nord les sables verts de la Glauconie, et qui fournissent dans d'autres parties du bassin crayeux les belles fontaines artésiennes de Tours à Elbeuf en passant par Paris. Immédiatement au-dessous du tourtia paraissent les formations houillères. Lorsque l'on fait des sondages de recherche dans ce bassin, il faut employer la sonde à plusieurs diamètres comme pour un puits artésien. Quelques coupes de ces sondages, exécutés de 1838 à 1841, démontrent l'utilité de l'obligation que je viens d'indiquer. Les terrains traversés ne se soutenant pas généralement, l'on est dans la nécessité de descendre plusieurs séries de tuyaux de retenue, et les couches ayant souvent un pendage de 40 à 55 degrés, si le forage ne tombe pas sur une tête de veine, il faut percer 100 à 150 mètres dans le terrain houiller. Cette formation ne pouvant être traversée qu'en sonnant, les schistes et les grès qui lui sont superposés, ayant un fort pendage, se détachent, s'éboulent parfois et occasionnent de nombreux accidents s'ils ne sont pas tubés.

Dans le bassin de Commentry, de Saint-Étienne et dans le département du Var, les terrains houillers sont, au contraire, à la surface du sol, ce qui permet de commencer les travaux sur un diamètre de 0m,15 à 0m,16, tandis que l'expérience indique 0m,25 à 0m,30 pour le bassin d'Anzin.

Les gisements houillers, dans le nord, sont généralement de 150

à 250 mètres de profondeur; les nombreux niveaux d'eau à traverser, soit dans la craie, soit dans la jonction avec le tourtia, nécessitent, pour les puits d'extraction, un boisage et un picotage puissant, et l'emploi d'une machine à vapeur de la force souvent de 100 chevaux et au-delà, pour passer les niveaux d'eau, le bassin houiller étant beaucoup plus étroit que long. Frappé de cet état de choses, et voulant éviter aux compagnies de recherches des dépenses de fonçage, qui ont plusieurs fois dépassé 500,000 francs, sans amener aucun résultat, M. Legrand informa les préfets des départements du Nord, du Pas-de-Calais et de la Somme, que le gouvernement n'exigerait plus, pour accorder une concession, qu'une *avaleresse* fût faite préalablement; mais que, lorsque l'ingénieur des mines aurait été mis à même de vérifier avec certitude les déclarations des demandeurs (opération pour laquelle ils se servent des outils décrits pl. 20), sur l'existence de la houille dans des sondages à grand diamètre, les enquêtes pourraient commencer et la concession être accordée. Aujourd'hui, trois nouvelles concessions prospèrent dans ce bassin et ont été accordées sur des recherches faites à l'aide de la sonde, et les puits d'exploitation ont confirmé les indications qu'elle avait données. Ce sont les mines d'Azincourt, de Vicogne et de Fresne-Midi.

Pour les recherches de sel gemme, il faut procéder au grand diamètre, comme pour un puits artésien, et il faut surtout bien tuber toute la portion de terrain supérieure soit à la source salée, soit à la masse de sel gemme. Le sondage sert pour l'exploitation de l'eau salée suffisamment saturée; ce mode continuera à être employé de préférence, tant que l'impôt sera décuple du prix de vente de la matière imposée.

En effet, les saliniers ne pourront extraire et vendre utilement, comme en Allemagne, des blocs de sel brut souvent mélangés d'argile et de gypse, que lorsque l'impôt permettra de le livrer en grande quantité à l'agriculture, soit pour les bestiaux,

soit comme engrais. Il est, jusque-là, plus avantageux d'amener dans la formation saline des eaux douces, qui mettent en dissolution les sels, et, ensuite, au moyen de pompes, de ramener au sol l'eau saturée et chargée de 20 à 25 parties pour 100 de sel.

Ces eaux sont élevées au-dessus du sol au moyen de pompes en cuivre qui sont maintenues au-dessus du terrain sur lequel elles reposent. La tringle du piston doit plonger dans l'eau salée, cela se pratique ainsi en Souabe et dans les salines de l'est.

Les pompes étant souvent relevées, il est important, pour faciliter le travail, que le diamètre du sondage soit au moins de $0^m,15$ à $0^m,20$ à sa partie supérieure, et bien tubé, dans toute la partie supérieure aux formations salines. Je suppose, qu'après avoir traversé 200 mètres de marnes irisées et gypse anhydre ou calcaire, l'on atteigne le sel gemme, en bancs d'épaisseurs différentes, alternant avec de nouvelles couches de marnes; si, dans un pareil terrain, l'on descend jusqu'à 220 mètres la colonne aspirante de la pompe, elle sera en peu de temps entourée de débris de marnes et de roches; or, lorsque l'enlèvement des bancs de sel gemme par les eaux qu'ils saturent, aura amené l'encombrement du fond du trou à tel point que les eaux aspirées seront trop sales pour pouvoir être utilisées, et qu'il sera devenu urgent, pour nettoyer le trou de sonde, de procéder au relèvement de la pompe, l'on éprouvera des difficultés provenant des pressions produites par les débris qui entourent la colonne, et l'on courra le danger d'en laisser une partie dans le trou de sonde. Il convient donc de tuber le trou avec une colonne d'aussi longue durée que possible, ayant sa partie inférieure d'un diamètre tel, que la colonne aspirante puisse y être introduite sans résistance, et sa partie supérieure d'un diamètre plus grand à partir d'une profondeur qui dépend de celle du sondage; attendu que, plus cette dernière est grande, plus la colonne de liquide salée est proportionnellement pesante comparativement à la colonne d'eau douce extérieure, ajoutée à la pression atmosphérique; soit 40 mètres la

profondeur à laquelle il convienne de placer le piston au-delà du sol, la colonne dont je parle devra augmenter de diamètre et avoir au minimum $0^m,155$, c'est-à-dire laisser passer librement un corps cylindrique de $0^m, 153^m$.

DES PUITS D'AÉRAGE DE MINES ET CARRIÈRES.

La température croît moyennement d'un degré par 30 mètres de profondeur. Celle qui est la plus rapprochée de la surface du sol varie un peu suivant la latitude.

A Paris, à 50 mètres, elle est en général de 10 à 11 degrés. Dans les mines, différentes causes concourent à l'augmenter : l'accumulation des lumières et de la population travaillante d'une part, d'une autre les pyrites en décomposition. Beaucoup de moyens ont été tentés, avec plus ou moins de succès, pour renouveler l'air nécessaire à la conservation de la santé et de la vie des mineurs. Ils sont indiqués, expliqués, détaillés dans les ouvrages de MM. Combes et Burat; nous ne nous occuperons donc ici que de ceux qui ressortent de notre spécialité, laissant aux ingénieurs et directeurs à examiner ceux qui sont le plus appropriés aux localités et aux circonstances qui se rattachent à leurs mines.

Souvent il existe dans les exploitations houillères ou métallifères des galeries de 1,000 à 1,500 mètres de longueur. Quelques carrières présentent également des rues très prolongées. Un des moyens les plus certains pour l'aérage est de faire des sondages de $0^m,25$ à $0^m,33$ de diamètre, qui, partant du sol et plongeant jusqu'aux toits des galeries, établissent des courants d'air constants. M. Sello, directeur des mines du bassin houiller de Sarrebruck, en a établi un grand nombre au moyen du sondage à corde. Le terrain qu'il traversait étant un grès uniforme, le mode qu'il a employé était le plus économique et le plus prompt. Lorsque l'on a à traverser des terrains qui contiennent des eaux, il faut agir comme pour faire un puits artésien et apporter un grand soin

dans le tubage, sans quoi, au lieu d'aérer la mine ou la carrière, on la noie. La sonde, en remontant, ramenant des échantillons des terrains traversés, et le journal du sondeur lui faisant connaître les variations de niveau d'eau dans son trou de sonde, il est toujours prêt en temps utile pour tuber son trou avant de percer la voûte de la galerie à aérer. L'on peut, dans certaines localités, au moyen de fortes tiges de bois, jonctionnées par des emmanchements en fer, faire des puits d'aérage de $0^m,60$ et même 1 mètre de diamètre. Plusieurs de ces puits placés sur une même galerie établissent des courants d'air et extraient l'air vicié.

DES BOIT-TOUT OU PUITS ABSORBANTS ET DE LEUR UTILITÉ.

Beaucoup d'usines emploient une grande quantité d'eau, qui, après avoir servi à l'usage auquel elle était destinée, s'est chargée de gaz fétides ou de matières corrompues. Son écoulement sur la voie publique est souvent défendu. Lorsqu'il n'y a pas interdiction positive, il y a plainte de la part des voisins et quelquefois procès. Lorsque les inconvénients deviennent trop graves, l'autorité intervient et prescrit à l'établissement, ou de se fermer, ou de prendre les mesures nécessaires pour ne pas incommoder le voisinage par l'écoulement à ciel ouvert d'eaux infectes ou insalubres. Si les eaux sont absorbées dans des puits ou des pierrées situées dans l'usine, il arrive à la longue que les infiltrations souterraines finissent par corrompre les eaux des puits environnants. C'est ce qui a déterminé le préfet de police à rendre, le 20 juillet 1838, une ordonnance dans laquelle les précautions suivantes sont commandées, lorsque l'on veut faire absorber les eaux fétides.

L'article premier porte : « Aucun puits, soit ordinaire, soit d'absorption, ne sera percé, aucune opération d'approfondissement de sondages et autres ne sera entreprise, aucun puisard ni égout particulier ne sera établi, sans une déclaration préalable faite par écrit à Paris, à la préfecture de police, et à la mairie,

dans les communes rurales; cette déclaration indiquera l'endroit où l'on a le projet de faire les travaux. »

L'article 14 porte : « Aucun puisard, aucun puits d'absorption ne sera établi sans une autorisation spéciale qui sera accordée, s'il ya lieu, sur la suite de la déclaration prescrite par l'article 1er.

« La profondeur du puits d'absorption sera déterminée dans la permission qui sera délivrée s'il y a lieu.

« Toutes les dispositions relatives aux puisards seront applicables aux puisards pratiqués au-dessus ou aux approches des puits d'absorption. »

Il est reconnu aujourd'hui et constaté par l'expérience, qu'un puits peut absorber une quantité d'eau égale à celle qu'il peut produire. Lorsqu'un sondage est terminé, s'il donne au sol 100 litres d'eau par minute, et que son ascension s'arrête à un mètre au-dessus du sol, l'on n'a qu'à prolonger le tuyau d'un mètre au-dessus du niveau de l'eau et l'on pourra verser continuellement 100 litres d'eau par minute sans dépasser l'orifice du tuyau.

Lorsqu'un sondage donne 100 litres d'eau par minute au niveau du sol, et que l'on veut en absorber 500 dans le même temps, l'on place dans le tuyau d'ascension une pompe, qui débite 500 litres d'eau par minute, et l'on observe jusqu'à quelle profondeur le vide se fait dans le tuyau d'ascension. Si c'est 5 mètres par exemple, il suffira de placer une colonne de la même longueur au-dessus du niveau de l'eau, pour absorber la quantité de 500 litres par minute.

Ce que je viens d'indiquer pour les eaux jaillissantes au-dessus du sol, est d'une application beaucoup plus facile, lorsque les eaux rencontrées au fond d'un sondage, n'ont pas une ascension suffisante pour déborder à la surface. Ainsi, je prendrai pour exemple le bassin de Paris, où la plus grande ascension des eaux rencontrées dans la formation tertiaire est de 15 à 18 mètres au-dessus de l'étiage des rivières de la Seine et de la Marne. Si un sondage est fait sur un point élevé de 25 mètres au-dessus des eaux moyennes du fleuve, l'eau ascendante se tiendra au moins

à 7 mètres en contre-bas du sol et l'absorption des eaux sera très abondante.

Le boit-tout terminé et tubé, on doit prendre les précautions suivantes pour éviter qu'il ne soit bouché ou encombré. Si elles ne sont pas minutieusement observées, le résultat obtenu diminue peu à peu et finit par devenir nul. Il faut placer au dessus de la partie supérieure du tuyau plongeant, une calotte percée en pomme d'arrosoir, faire une excavation ou citerne de 1 ou 2 mètres, plus profonde que la tête du tuyau, afin que les eaux à absorber puissent, avant d'entrer dans le tuyau, avoir déposé leur limon, et pour éviter que ce limon n'arrive trop abondamment et n'encombre en peu de temps la citerne, faire passer d'abord l'eau dans un premier réservoir à quelque distance de la citerne. La fig. 1, pl. 18, montre un puisard dans le terrain de Paris; une première colonne de garantie ou tuyau-caisse, intercepte les alluvions fluviales dans lesquelles une première absorption s'est manifestée. Une seconde colonne intercepte une partie des marnes et calcaires du gypse, et, à sa base, se trouve une deuxième couche absorbante. Enfin, une troisième traverse une partie des argiles et sables inférieurs, et rencontre dans les sables lignites une troisième absorption. La deuxième est coupée à quelques mètres dans la première. Il en est de même de la troisième dans la deuxième; la première colonne est recouverte d'un champignon ou calotte-filtre, dont il a été ci-devant question et est situé à 1 mètre au-dessus du fond de la citerne, dans laquelle sont amenées les eaux à absorber. Arrivant par un tuyau dont on voit l'orifice au-dessus de la calotte, et dont l'autre extrémité baigne dans le premier réservoir où les eaux déposent une première fois avant d'arriver à la citerne, dans laquelle elles déposent de nouveau pour entrer ainsi, privées autant que possible des sédiments dont elles étaient chargées, dans les colonnes du puisard.

Lorsque la vase arrive près de l'orifice du caniveau, on la retire, et si l'on suit exactement ce que je viens d'indiquer, un boit-tout

peut fonctionner pendant de longues années sans être nettoyé. Le nettoyage, lorsque les eaux ont à la longue déposé un enduit qui paralyse la force d'absorption, est peu coûteux, et peut même être fait sans inconvénient par le propriétaire. Il suffit pour cela d'une soupape à boulet et à anse décrite planche 11, fig. 13.

Après avoir parlé des boit-tout applicables aux fabriques et aux grandes usines, il me reste à dire un mot de ce que font avec succès quelques agriculteurs, afin d'assainir des terres trop marécageuses pour être productives.

Les eaux pluviales, faute de pente, ne pouvant s'écouler, et le sol étant trop argileux pour leur permettre de s'infiltrer, elles restent stagnantes à la surface, et l'évaporation seule les fait disparaître du sol, pendant quelques mois de l'année seulement.

Les couches imperméables qui sont, soit à la surface du sol, soit à quelques centimètres au-dessous de la superficie, n'ont souvent que quelques mètres d'épaisseur. Ce point est facilement vérifié par quelques heures de travail d'une sonde d'exploration, lorsque la couche imperméable n'a que 6 à 10 mètres de puissance. Si la terre est labourée en billon, et que l'on fasse entre chaque séparation repasser la charrue, il y aura une différence d'au moins $0^m,66$ de niveau, entre le fond de séparation de chaque billon et la partie la plus élevée du milieu. Les eaux descendront naturellement dans les rigoles, et pour s'en débarrasser, il suffira de donner de 100 à 200 mètres de distance l'un de l'autre, un coup de sonde avec une tarière de 0,20 à 0,25 de diamètre. Deux hommes peuvent faire plusieurs trous dans une journée; pour empêcher ces trous de se boucher, l'on fait un saucisson en épines ou broussailles, on l'introduit dans le trou autour duquel l'on fait un petit collier de même nature, et d'un diamètre double de celui du sondage. Au moyen de ces précautions faciles et peu coûteuses, l'on obtient bientôt l'assèchement complet du sol. Voyez pl. 18, fig. 3. Lorsque les sondages doivent être nombreux, il est plus économique d'être propriétaire de la sonde et de faire exécuter

les forages par des hommes de la ferme que d'en charger un entrepreneur. Les engins et outils nécessaires sont :

1° Une petite chèvre à trois pieds, pl. 19, fig. 10;
2° Une tête de sonde à anneau ;
3° Deux ou trois tiges n°s 2 ou 3, de 3 à 4 mètres de longueur;
4° Une tarière ouverte de 0,20 ou 0,25;
5° Une tarière rubannée ou langue ;
6° Un trépan ou casse-pierre;
7° Un manche de manœuvre à vis de pression ;
8° Un tourne-à-gauche;
9° Une caracole ou arrache-sonde, ou une cloche à vis.

Le poids, la chèvre non comprise, est de 250 à 350 kilog., et le prix de 600 à 900 francs.

Pour les petits puisards dont je viens de parler, la chèvre présentée fig. 10 est déjà trop compliquée, elle peut se réduire à trois perches liées ensemble au sommet. Pour une profondeur de 30 à 50 mètres, la chèvre est munie d'un tour ou d'un petit treuil à engrenages, fixé sur deux madriers en dehors de sa base.

DES PUITS ARTÉSIENS,

Ou recherche d'eau ascendante ou jaillissante ; quelques mots sur l'allure des eaux souterraines et sur les terrains où l'on doit les chercher ; explication théorique des jets artificiels ; conditions nécessaires à leur existence ; sources; infiltration des eaux pluviales ; coup d'œil sur une contrée meuble et stratifiée.

En donnant une idée de l'allure souterraine des eaux, j'ai indiqué dans le précis qui précède les causes qui les amènent à la surface du sol, lorsqu'on leur y donne issue, soit par la sonde, soit au moyen d'une excavation quelconque.

Les différentes couches qui composent l'écorce de la terre peuvent se ranger, pour le sujet qui nous occupe, en quatre catégories : 1° Terrain détritique, 2° d'alluvion, 3° terrains tertiaire et secondaire composés de diverses couches meubles, arénacées et perméables, et de couches imperméables de marnes ou argile; de

couches puissantes de roches, traversées plus ou moins par des fissures; 4° terrain primitif en masses irrégulières.

Les eaux fluviales qui tombent annuellement sur le sol forment une épaisseur de 0m,60 à 0m,65 centimètres, et donnent pour chaque kilomètre carré un volume de 6 à 700,000 mètres cubes. Une partie coule à la surface du sol, chargée plus ou moins de détritus enlevés aux couches sur lesquelles elle passe; une autre partie est enlevée par l'évaporation, et la troisième est absorbée par le sol dans lequel elle descend, à des profondeurs qui dépendent de la constitution géologique de la localité où s'opère ce phénomène. Les eaux, ainsi absorbées, circulent dans les fissures des terrains, quelquefois sans y être pressées, et dans ce cas donnent naissance à des sources qui sont abondantes pendant un court espace de temps, après lequel elles disparaissent en partie ou en totalité, jusqu'à l'époque d'une nouvelle alimentation. D'autres fois elles pénètrent lentement les terrains meubles de manière à les alimenter constamment; de-là, l'existence des sources à écoulement continu. Enfin, les eaux souterraines existent encore à l'état de repos dans des cavités, dans des dépressions dont elles ont rempli les issues, qui partent de ces réservoirs ou lacs, et aboutissent à la surface du sol.

Sources dans le terrain détritique. Ce terrain remplit les dépressions superficielles du sol. Il se trouve en dépôts puissants dans les vallées, et recouvre les pentes des montagnes auxquelles il a pris les éléments dont il se compose. Selon la nature des couches désagrégées, il est perméable ou compacte. Certaines roches donnent lieu à des dépôts qui se laissent facilement traverser par les eaux, tandis que d'autres produisent de véritables brèches, entre lesquelles l'eau ne peut circuler que par les fissures qui les traversent. D'autres fois le terrain détritique est composé d'argiles ou de sables, les eaux coulent sur les premières et sont absorbées par les seconds.

Dans les pays de montagnes l'on rencontre souvent des sources

dans le terrain détritique, et l'on remarque que la disposition des couches de roches favorise leur présence ou s'y oppose complétement. Ainsi, si les détritus recouvrent une pente élevée et étendue qui soit à peu près la même que celle des roches qui la forment, l'on sera certain de rencontrer, vers son pied, des sources provenant d'infiltrations au travers ce terrain. Sur la pente opposée, les petits espaces qui existent entre les différentes assises de roches, recevant directement les infiltrations, servent parfaitement à assécher le terrain qui dans le premier cas est au contraire saturé d'eau. Cet exemple néanmoins ne se présentera pas, lorsque les feuillets ou les joints des roches ne laisseront aucune issue aux eaux, soit que cela provienne de la nature de leur formation, soit que ces issues aient été comblées par le terrain détritique lui-même.

Je viens d'indiquer comment les eaux, descendant du haut des pentes, reparaissent à leurs pieds, sous forme de sources, en passant sous les amas de détritus. Si l'on suppose maintenant que ces ouvertures d'écoulement soient bouchées, ou recouvertes par une couche imperméable d'une grande épaisseur qui s'élève au-dessus d'elles, et que l'on traverse cette couche au moyen d'un trou de sonde ou d'une fouille, les eaux s'élèveront dans cette nouvelle issue au-dessus du niveau de leur écoulement primitif, en vertu de la hauteur de charge, mesurée de leur point de départ à l'endroit où ont lieu les infiltrations, jusqu'au point où la fouille ou la sonde les atteint.

Sources dans le terrain d'alluvion. Ce terrain est composé, comme le terrain détritique, de fragments enlevés à diverses couches et à diverses roches. Il en diffère par son étendue et par sa régularité plus grande, et en outre, parce que les terrains de la composition et du transport desquels il résulte, ne se trouvent plus souvent conserver d'analogie avec les terrains environnants : c'est le contraire de ce qui a lieu ordinairement pour le terrain détritique. Il est généralement composé de sables, graviers, cailloux

roulés et de marnes ou d'argiles. Les anciens dépôts occupent souvent des contrées très élevées qu'elles recouvrent sur une grande étendue. A l'époque où les grands cours d'eau se sont formés, les vallées ont été comblées par des alluvions, qui aujourd'hui sont recouvertes de terres végétales et de riches cultures, au milieu desquelles les eaux s'écoulent plus lentement qu'autrefois. La perméabilité des dépôts permet aux eaux de s'y étendre souterrainement loin de leur lit; ainsi cachées, elles sont soumises aux mêmes variations qu'à l'état libre.

Les sources sont fréquentes aussi dans le terrain d'alluvion, et plus souvent que dans le précédent, elles peuvent être amenées au jour par la sonde. En effet, comme les surfaces qu'il recouvre sont étendues, les eaux circulent au loin dans les couches meubles, qui quelquefois sont superposées par des couches imperméables. Si à une assez grande distance des points d'infiltration, l'on se trouve en même temps sur un point qui leur soit inférieur, les eaux, en vertu de leur tendance à l'équilibre, s'élèveront dans la fouille que l'on pratiquera. Les alluvions les plus importantes que je connaisse sont en Hollande, dans la vallée du Rhin et le littoral de l'Adriatique, du côté de Venise. Dans cette dernière localité M. Pasini leur assigne une puissance d'au moins 400 mètres. Lorsqu'on les remonte de la mer au pied des Apennins, l'on reconnaît qu'elles se composent alternativement de couches imperméables et de couches meubles, et que ces dernières, qui ont une grande étendue, absorbent une grande partie des eaux des nombreux fleuves qui les traversent; d'où résulte la certitude que des puits artésiens sur le littoral de la mer réussiraient infailliblement.

Sources dans les terrains tertiaire et secondaire. Après les terrains détritique et d'alluvion, viennent les terrains tertiaire et secondaire, dont les couches beaucoup plus étendues, surtout celles du second, donnent lieu à des réservoirs d'eau et à des sources plus considérables que celles des deux derniers groupes dont

nous venons de parler. Ces terrains sont composés de sables, d'argiles ou marnes en couches régulières et de roches d'épaisseurs diverses. Sur beaucoup de parties élevées des environs de Paris, les eaux traversent les sables supérieurs et restent stagnantes sur les argiles ou marnes de l'étage lacustre moyen. Lorsque ces couches sont un peu inclinées et coupées par des ravins, leurs eaux s'échappent dans les parties basses sous forme de sources, tandis que sur les plateaux horizontaux, elles séjournent sur le sol et s'opposent à sa culture. Quelques couches du terrain lacustre inférieur contiennent aussi des eaux, qui sur quelques points peuvent s'élever au dessus du sol; sur beaucoup d'autres ce groupe donne des sources abondantes que l'on utilise quelquefois comme forces motrices. Celles qui viennent immédiatement après, et qui forment le groupe du calcaire grossier et celui des sables inférieurs, lequel contient les argiles plastiques et les lignites, renferment de nombreuses sources et des nappes, qui sont jaillissantes ou seulement ascendantes, selon la hauteur des points où l'on est placé pour les atteindre. La présence souterraine des eaux est due à la disposition des couches, qui est telle qu'elles occupent la partie la plus inférieure du bassin tertiaire de Paris, tandis qu'en se redressant, elles forment une partie de son pourtour élevé.

Une coupe générale des puits que j'ai forés dans les vallées de la Seine et de la Marne (pl. 24 et 25), fait connaître les ondulations du terrain précité, ainsi que les différences remarquables qui existent entre les niveaux d'ascension des eaux qu'ils produisent.

Le groupe des argiles plastiques ou sables inférieurs repose sur la formation crayeuse. L'on ne trouve pas d'eau dans la craie proprement dite à Paris, du moins s'il en existe elle ne fait aucun mouvement dans les trous de sonde, tandis qu'en Artois, par exemple, l'on y rencontre des eaux jaillissantes. M. Garnier, dans son Traité des puits artésiens (année 1826), mentionne un grand

nombre de fontaines jaillissantes obtenues dans la partie supérieure du calcaire crayeux, recouvert assez généralement par des dépôts réguliers de sables et d'argiles. Les eaux qui circulent dans les fissures du calcaire crayeux étant contenues, comprimées par des couches imperméables, s'élèvent naturellement dans les trous de sonde, par lesquels on les traverse. La suite des terrains secondaires, inférieurs à la craie, renferme de nombreuses sources. L'on y rencontre des amas d'eaux courantes donnant lieu à des jets élevés. Mais ce cas se rencontre moins fréquemment que dans les terrains précédents, parce que les couches arénacées deviennent plus rares. Les infiltrations ne peuvent se faire qu'à travers les fissures ou par les strates des roches, ou enfin par les pores de ces mêmes roches; il en résulte que les eaux forment moins souvent ce que l'on appelle des nappes, c'est-à-dire des surfaces étendues dans tous les sens. Elles remplissent les issues capricieuses que leur laissent les anfractuosités des roches d'où elles sortent dans les ravins, sur les penchants et au pied des montagnes. Les terrains jurassiques sont riches en sources abondantes; et leur étude, sous ce rapport, est extrêmement intéressante; les eaux s'infiltrent assez facilement entre leurs couches calcaires, et se rendent par une multitude de fissures dans des canaux principaux, qu'elles parcourent torrentiellement jusqu'à leur sortie, en dehors des massifs de terrains.

Ces roches qui paraissent si compactes et dont les différents joints obliques à la stratification sont imperceptibles, laissent néanmoins un passage lent aux eaux, qui, en se réunissant molécules par molécules, finissent par former un volume considérable. En examinant à vol d'oiseau les contrées où les formations jurassique et liasique sont bien développées, l'on peut suivre les différentes routes que prennent les eaux pour la production des sources ordinaires, et affirmer que sur tel point le pays en est abondamment pourvu, tandis qu'elles manquent totalement sur tel autre. Il suffit pour cela d'observer le pendage et les surfaces des couches qui sont

exposées aux pluies; lorsque ces couches sont à peu près horizontales, les eaux ne les pénètrent que par leurs fissures ou par leurs pores; quand au contraire elles sont redressées sous de grands angles, elles présentent aux pluies et aux divers courants d'eau leurs joints de stratification qui en absorbent une partie. Si, sur la pente opposée à la surface ainsi arrosée que nous venons d'observer, les couches sont coupées par des vallées, ou simplement disjointes, l'on en verra sortir un grand nombre de petits filets d'eau, des sources d'autant plus abondantes que les surfaces d'infiltration seront plus grandes. Si, au lieu d'être interrompues, les couches se redressent autour d'un point commun, elles forment une espèce de bassin irrégulier vers la partie centrale duquel les eaux se réunissent. Dans ce cas, les sources superficielles sont plus rares que dans celui où les couches sont déchirées; mais il est possible d'obtenir des eaux jaillissantes dans les parties basses du bassin, si le sol où se tente l'essai est au dessous des affleurements exposés aux infiltrations.

La découverte des sources exige des connaissances géologiques et surtout une grande habitude d'observation de l'allure des terrains. L'abbé Paramel, qui a fait sur cet objet des études spéciales, a heureusement doté plusieurs contrées de belles sources dont elles restaient privées, faute de renseignements nécessaires pour en opérer la recherche. Quoiqu'il n'entoure sa science d'aucune espèce de prestige, les ignorants n'en sont pas moins persuadés qu'il est doué d'un pouvoir indépendant de celui que lui ont donné l'étude et de nombreuses observations.

L'abbé Paramel a principalement étudié les sources qui avoisinent le sol, lesquelles, ainsi que je l'ai annoncé, diffèrent des sources artésiennes, en ce que celles-ci résultent de la réunion des eaux sous forme de nappes, et que les infiltrations qui concourent à former ces amas d'eaux souterraines proviennent de points souvent très éloignés; tandis qu'en général, les sources superficielles proviennent d'infiltrations locales.

Les causes de l'ascension des eaux au dessus du sol ou en général au dessus du point où la sonde les atteint, se déduisent d'une partie de ce qui vient d'être exposé. C'est-à-dire qu'un puits artésien est une des branches d'un tube recourbé, dont l'autre serait alimentée constamment à un niveau supérieur à l'orifice de la première ; ou en d'autres termes, l'eau s'élève dans les trous de sonde en vertu de la tendance qu'ont les liquides à se mettre en équilibre dans les vases communiquants. Examinons maintenant cette théorie dans son application. Dans les tubes de petites dimensions et à surfaces polies, l'eau s'établit de niveau ou du moins à une différence presque insensible. Dans les tuyaux de conduite, cette différence de hauteur, entre le réservoir et le point d'arrivée, ou limite d'ascension, est très notable et varie suivant les dimensions, les formes des branches, etc. Il y a enfin un rapport entre la charge entière et la charge effective (la première étant représentée par la hauteur du point d'alimentation au dessus de l'orifice d'écoulement, et la seconde calculée d'après la vitesse réelle de l'eau à sa sortie dudit orifice), tel que la dépense réelle n'est souvent qu'un tiers ou qu'un quart de la dépense théorique, même pour des distances et des quantités moyennes.

L'on conçoit que si, dans les tuyaux de conduite, les frottements apportent une si notable résistance au mouvement des eaux, ils doivent en occasionner une, incomparablement plus grande, dans les canaux irréguliers et encombrés de détritus qui renferment les nappes souterraines ; la déperdition du jet, au lieu d'être comptée par quelques décimètres comme dans le premier cas, peut être évaluée à 20, 50 et 100 mètres, selon l'étendue des formations dans lesquelles on découvre les eaux ascendantes. Un trou de sonde peut donc ne pas amener d'eau à la surface du sol, bien que son orifice soit situé de beaucoup au dessous des divers affluents des nappes.

Une autre cause, et qui est sans doute la plus influente, s'oppose encore à l'élévation des sources artésiennes à la hauteur de

leur ligne de départ; c'est leur épanchement pendant le trajet à travers les fissures et brisures de toute sorte, qui donne lieu aux sources ordinaires dont il est question plus haut.

Pour rendre claire la cause de l'ascension des sources artésiennes, j'ai supposé que les couches étaient disposées de manière à présenter la forme d'un bassin; du pourtour à peu près régulier de ce bassin les eaux descendaient vers son centre, où elles demeuraient stationnaires. Dans cette hypothèse, en effet, les frottements seuls s'opposeraient à ce que les eaux atteignissent la hauteur de la ligne, sur laquelle ledit pourtour est suffisamment alimenté par les infiltrations. Ce bassin et l'état des eaux qu'il contient peuvent être simplement représentés par un vase contenant de l'eau, dans lequel on fixerait un corps lenticulaire, n'y laissant que très peu d'espace; il est clair que si l'on perce ce corps verticalement de part en part, l'eau s'élèvera dans le trou à la hauteur qu'elle occupe dans le vase. Mais si cet exemple d'un bassin, fermé de toutes parts, se rencontre dans la nature, il doit être regardé comme rare; d'abord la forme de bassin que l'on suppose aux couches n'est jamais parfaite, et en outre, cette dépression, quelle que soit sa forme, est le plus souvent coupée, interrompue par mille accidents de terrain; d'où il résulte que les eaux qui devraient, suivant notre première hypothèse, y demeurer en repos, s'échappent en partie par des échancrures latérales, ainsi que celle du vase s'écoulerait par les ouvertures faites à ses parois.

Au lieu donc de dire que les sources artésiennes s'élèvent dans les trous de sonde à la hauteur de leurs points de départ, considérés sur les élévations de terrains qui les produisent, il convient d'énoncer que ces sources s'élèvent en vertu de ladite hauteur de charge, diminuée 1° par la fuite à travers diverses issues, d'une partie de leur volume; 2° par les frottements que l'autre partie éprouve pour se rendre au trou de sonde. La hauteur à laquelle l'eau s'élève par un trou de sonde est une moyenne 1° entre la hauteur de l'affleurement par lequel l'eau s'est infiltrée, et le point

de cessation des couches imperméables qui la maintiennent; 2° et la distance du point foré à l'affleurement comparé à la distance du point de déperdition des eaux. Les coupes des forages exécutés dans les vallées de la Seine et de la Marne confirment ces données.

Quelques personnes font une large part à la première de ces causes de déperdition du jet, et comparent les bassins hydrographiques souterrains à des tuyaux de conduite destinés à débiter les eaux d'un réservoir; elles énoncent que les eaux s'élèvent dans les trous de sonde en vertu de la pression qu'éprouvent en général les parois des tuyaux, que cette pression peut être accusée par un piézomètre adapté sur la conduite; cette théorie a de l'analogie avec la nôtre, mais les conséquences qu'en tirent ses auteurs ne me paraissent pas devoir être admises, si ce n'est dans quelques cas exceptionnels; suivant eux, elle explique le prétendu dépérissement des nappes, c'est-à-dire l'extinction de certains puits jaillissants autrefois très abondants. En effet, le piézomètre et la théorie de l'écoulement des fluides indiquent une pression d'autant plus considérable sur les parois des tuyaux de conduite, que le diamètre de ceux-ci est plus irrégulier, et l'orifice d'écoulement plus petit; d'où il suit que les canaux dans lesquels circulent les nappes, tendant à s'agrandir et s'agrandissant en effet, l'élévation de la colonne d'eau, dans le trou de sonde, doit diminuer successivement jusqu'à ce que la pression devienne nulle, cas où les eaux souterraines s'écouleraient alors à l'état libre; il me semble que l'on peut combattre cette théorie à l'aide de ce raisonnement fort simple : les eaux se sont élevées dans le trou de sonde en luttant contre les frottements et en second lieu contre leurs pertes, par les débouchés de toutes natures, tels que fissures, interruptions ou relèvement des couches, etc. En sortant abondamment par le sondage, elles amènent avec elles, pendant un certain temps, une grande quantité de sables, d'argiles, de fragments de roches mêmes, provenant de leur lit souterrain; mais ce charriage n'est que momentané. Si les puits les plus abondants ont vomi 50 à 100 mètres

cubes de ces détritus, c'est tout ce que l'on peut admettre. A quoi se réduit le rapport de ce volume à celui occupé par les eaux souterrainement? évidemment à une quantité infiniment petite, et qui n'a en conséquence aucune influence sur leur ascension, ou, en d'autres termes, l'agrandissement des canaux, produit par l'enlèvement des détritus et par l'érosion des eaux, n'est pas notable et ne change en rien la pression générale qu'exercent les eaux sur les parois desdites conduites.

Si les fissures, si les ouvertures, autres que le trou de sonde, s'élargissaient continuellement, il en serait tout autrement, et le cas arriverait où les eaux, ayant par ces issues un libre cours, ne s'élèveraient plus dans la conduite verticale artificielle; c'est en effet de la grandeur de ces ouvertures que dépend la plus ou moins grande déperdition du jet, car il est clair que l'orifice d'un tuyau de conduite ne changeant pas, la pression supportée par ses parois, quels que soient les changements que subissent son diamètre et sa forme, autre part qu'à l'orifice bien entendu, cette pression sera constamment la même. Doit-on supposer que lesdites ouvertures, qui existaient au moment où l'on a atteint la nappe et qui ne se sont pas opposées à son ascension, s'élargissent ensuite assez pour la détruire? Je ne le pense pas; s'il en était ainsi, l'on ne verrait pas généralement les mêmes sources donner les mêmes volumes d'eau depuis un temps immémorial, et pourtant beaucoup d'entre elles ne sont pas autre chose que des puits artésiens naturels qui, au lieu d'être verticaux, comme nous les pratiquons, ont une direction inclinée et contournée, mais n'en doivent pas moins leur existence au même principe d'hydraulique. Plusieurs de ces sources disparaîtraient sur certains points pour reparaître sur d'autres où l'agrandissement des issues leur aurait donné un écoulement plus libre. La source du Loiret, par exemple, est un véritable puits artésien naturel; ses eaux ont une vitesse plus capable de raviner, d'agrandir les parois et les canaux, que celles de nos puits artificiels. Cependant le produit de

cette source si anciennement décrite est toujours le même, les variations qu'elle éprouve dépendent uniquement de la hauteur des eaux de la Loire qui, s'infiltrant souterrainement, reparaissent après un parcours plus ou moins long sous le nom de Loiret.

Une grande partie des puits artésiens que j'ai faits ont augmenté, et quelques-uns doublé de produit. D'autres ont subi de grandes diminutions provenant de l'établissement dans la même localité, de nouveaux sondages, avec lesquels les premiers se sont mis en équilibre, de niveau et de quantité ; les anciens puits isolés qui ont également diminué, tant ceux exécutés par moi que par d'autres sondeurs, sont assez rares et la cause de cet affaiblissement doit en être attribuée à la crainte qu'ont eue les propriétaires de faire les dépenses nécessaires à leur bonne confection. Nul doute que s'ils étaient réparés, ils ne reprissent leur écoulement primitif.

Les personnes qui ont cru voir dans ces diminutions des jets artésiens un appauvrissement des nappes doivent se rassurer contre un pareil accident, et il leur sera facile d'acquérir toute sécurité, en consultant sur les puits artésiens la notice de M. Arago, *Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1835.

Encore un mot sur le phénomène de l'ascension des eaux dans les trous de sonde. Plusieurs personnes ont peine à concevoir comment des eaux, qui se trouvent dans des couches épaisses de sables, peuvent circuler assez librement dans de pareils canaux pour monter au dessus du sol en si grands volumes, et comment, en outre, ces eaux ainsi vomies au dehors ne forment pas plutôt un jet de boue et de sable qu'une belle nappe pure et limpide. Je crois qu'un seul fait, de nature à pouvoir être observé dans une foule de localités, dissipera tout doute sur la liberté d'écoulement des eaux dans les sables. Une grande quantité de cours d'eau se sont fait un lit dans les alluvions de leur vallée ; les puits voisins des rives d'un fleuve n'ont d'autres eaux en pareil cas que celles du fleuve lui-même. Eh bien, chacun sait que si

l'un de ces puits a été suffisamment foncé, non seulement des hommes ne le tariront pas, mais une forte pompe mue par plusieurs chevaux, souvent n'y parviendrait pas davantage ; il faut donc que les sables et les cailloux roulés qui font là l'office de conduite entre le fleuve et le puits dont il est question, laissent un assez libre cours aux eaux que l'on déplace. Il en est de même des couches sableuses qui contiennent les eaux jaillissantes que nous allons chercher souterrainement. En effet, supposons que les tourmentes qui ont donné naissance à nos bassins géologiques puissent se reproduire, que la contrée où existe l'embouchure d'un fleuve se relève de plusieurs centaines de mètres, de manière enfin à ce que l'ancienne vallée dans laquelle s'écoulaient les eaux, en vertu de la pente douce du sol, affecte une sorte d'immense bassin ; supposons en outre que des dépôts d'argiles, de marnes, de roches, etc., viennent combler cette nouvelle vallée, mais de manière à ce que son pourtour en domine la plus grande partie ; les eaux pluviales, d'autres nouveaux cours d'eaux s'infiltreront dans les alluvions du fleuve primitif et y séjourneront jusqu'à ce que dans l'une des parties basses de la nouvelle vallée, on leur donne issue soit par la sonde, soit par tout autre moyen. Tel est, selon nous, le phénomène général des puits jaillissants.

Je n'ai encore rien dit des sources que l'on rencontre dans les terrains primitifs et de transition ; la stratification de ces derniers donne lieu à quelques niveaux d'eaux, mais cela est rare parce que les couches de cette époque sont en général bouleversées, interrompues de mille manières, et qu'aucun dépôt meuble formant filtre, comme dans les formations précédentes, ne se trouve intercalé entre elles. Les eaux circulent dans les calcaires primitifs, dans les roches sans stratification, par les fissures en tous sens qui les traversent, et n'occupent pas de niveau fixe ; elles ne peuvent par conséquent être amenées au sol en vertu des principes ci-dessus énoncés, ou du moins, comme il est impossible

de discerner à l'inspection du sol le point où, par hasard, l'ascension pourrait avoir lieu, les recherches dans ces masses irrégulières sont éventuelles ; il ne faut les tenter qu'en cas d'absolue nécessité, et dans ce cas examiner le pendage dans lequel les fissures ont généralement lieu ; l'eau ne pouvant être rencontrée que dans une fissure, il faut prendre toutes les mesures possibles pour en rencontrer dans le fonçage du terrain.

Il me reste un mot à dire de l'application des sources artésiennes à différents usages. Dans les pays de plaines, les eaux abondantes, mais quelquefois impures, sont remplacées pour la vie matérielle par des sources obtenues par la sonde ; à Paris et dans d'autres localités, les eaux ordinaires sont impropres à la production de la vapeur, en ce qu'elles laissent un épais dépôt dans les chaudières, plusieurs manufacturiers ont pris le parti de faire percer dans leur usine un puits artésien dont les eaux alimentent leurs machines : ils y ont trouvé économie de temps, n'ayant plus les interruptions auxquelles donne lieu le grattage des chaudières, et ensuite économie de combustible.

L'agriculture emploie les sources artésiennes à l'irrigation du sol. Lorsque les petits canaux d'irrigation sont disposés avec discernement, des eaux peu abondantes peuvent amener un résultat important, si surtout la configuration du sol se prête à cet effet.

Les habitants riverains de la Scarpe, dans le département du Nord, se servent des eaux de leurs fontaines artésiennes pour le rouissage des chanvres et des lins, destinés à la fabrication de leurs toiles et de leurs dentelles renommées. Les avantages qu'ils y trouvent sur l'emploi des eaux ordinaires, résultent de la température élevée et de la limpidité des eaux artésiennes qui accélèrent la préparation du lin. Les propriétaires de différentes papeteries, ceux d'Écharcon sur la rivière d'Essonne (Seine-et-Oise), de Sainte-Marie, de Courtalin, sur le Grand-Morin (Seine-et-Marne), entre autres, ne peuvent obtenir de bons pro-

duits par l'emploi des eaux de rivières, chargées de détritus et de matières végétales, et mettent à profit celles des puits artésiens qu'ils ont fait forer dans leurs usines.

Plusieurs établissements de même nature sur le Petit-Morin, peuvent jouir des mêmes avantages, moyennant de faibles dépenses, attendu que la profondeur des puits jaillissants dans cette localité doit varier entre 40 et 60 mètres.

La sonde découvre aussi des sources minérales réputées, telles sont celles que j'ai obtenues à Enghien, à Vichy, en Auvergne et à Hombourg, dans la Hesse. Les eaux des puits artésiens sont souvent employées comme forces motrices, je me bornerai à en citer ici quelques exemples : la fig. 1re, pl. 22, représente la coupe d'un puits foré à 6 kilomètres de Tours, chez M. Lecomte, propriétaire à la Ville-aux-Dames ; les eaux, produisant plusieurs mètres cubes par minute, s'élèvent à 4 mètres au-dessus du sol, et mettent en mouvement deux paires de meules à blé au moyen d'une roue de cinq mètres de diamètre ; j'ai indiqué, sur la projection de la colonne d'ascension, une fontaine que M. Lecomte avait le projet d'établir dans son jardin, et dont les eaux eussent joué pendant les jours de chômage. Au lieu d'un jet d'eau interrompu et très abondant, j'en eusse préféré un plus modeste et donnant toujours ; au bas de la colonne est un fort robinet que l'on ouvre pour suspendre le mouvement de la roue hydraulique, et laisser pendant le chômage les eaux s'étendre dans le jardin et sur les prairies voisines.

La craie étant peu épaisse sur ce point, le tubage n'est important que dans le voisinage du sol. Une caisse hexagonale de $0^{m},40$ de diamètre, intercepte les terrains superficiels de la couche d'alluvions de la Loire ; le sondage est continué au diamètre de cette base jusqu'à 15 mètres, où repose une colonne en bois de chêne terminée en trou de cône, comme l'indique la figure cotée 3, et une épaisse chemise de béton l'entoure jusqu'au sol.

A Tours, un puits est utilisé de la même manière chez M. Tessier, brasseur; en Artois, différentes usines sont mises en œuvre par des moteurs analogues.

Lorsque les eaux n'atteignent pas le niveau auquel on désire les utiliser, elles servent encore de moteur pour l'élévation audit niveau d'une partie de leur volume. A Brou (Seine-et-Marne), le puits que j'ai exécuté l'année dernière chez M. Charpentier, meunier, le met à même de faire marcher son moulin continuellement; avant le forage, huit heures de travail par jour absorbaient la réserve du ruisseau; une partie de l'eau de l'étang prend la roue au-dessous, et celle du puits artésien la prend au-dessus. Le sondage que j'ai exécuté en 1836, chez madame la duchesse de Dino, devait conduire les eaux sur la terrasse du château, élevée de 14 à 15 mètres au-dessus du jardin. Dans l'incertitude où j'étais que cette ascension fût obtenue, j'ai fait le sondage au pied de la terrasse, et M. Vestier, architecte, a établi un petit bélier hydraulique qui, mis en mouvement par la source elle-même, élève sur la terrasse 150 litres d'eau par minute; là, un second bélier placé dans un joli kiosque laisse couler sur la terrasse 130 litres d'eau par minute et en élève 20 sur la plate-forme du château; ce résultat, qui n'a pas varié depuis 10 ans, donne un beau ruisseau de 500 litres par minute qui parcourt les jardins et le parc, après avoir servi de force motrice pour élever plus du quart de son produit, à une élévation de 15 mètres, où il forme un nouveau cours d'eau, qui, après avoir été lui-même moteur, redescend en cascade dans le parc.

La figure 4 indique comment se termine la colonne d'ascension en tôle; c'est un trou de cône en bois, fixé sur la colonne par des rivets. Il est chassé au mouton dans les premières couches de la glauconie, et reçoit la chemise de béton qui entoure jusqu'au sol la colonne. Ce sondage a été suspendu au commencement des sables et grès verts, indépendamment de ma volonté; il pouvait être continué et donner, comme ceux

de Tours, un magnifique résultat. Néanmoins, le volume des eaux a sensiblement augmenté depuis la fin des travaux.

Plusieurs belles propriétés sont un peu trop élevées sur les coteaux de la Loire, pour que l'on y puisse espérer de l'eau jaillissante; mais une grande partie pourraient avoir de l'eau par le moyen d'une simple roue à augets ; c'est une machine beaucoup moins coûteuse qu'un bélier hydraulique, et qui doit lui être préférée quand la localité le permet; la difficulté consiste, sur ces hauteurs, à perdre les eaux motrices au sortir de la roue ou de toute autre machine ; c'est en un mot la chute qu'il s'agit d'obtenir. Elle peut être produite par un siphon, ou plus sûrement par un aqueduc, et dans quelques cas par une simple tranchée. Ce moyen d'utiliser, dans beaucoup de contrées, les sources ascendantes, est simple ; souvent aussi il peut n'être pas très dispendieux. Si l'on ne peut disposer que d'une petite chute, l'on aura peu d'eau au dessus du sol; mais cette petite quantité donnée constamment dans une propriété qui en est totalement privée, est encore une richesse.

La figure 2, planche 22, indique un puits artésien dont les eaux se jettent sur une roue à augets, et mettent en mouvement une pompe qui élève au-dessus du sol une partie de son volume.

A Saint-Fargeau, chez le marquis de Boisgelin, j'ai fait un puits de plus de 200 mètres de profondeur; l'eau ascendante est en contre-bas de la ferme où il a été foré; mais si une galerie horizontale était ouverte, comme je l'ai conseillé, l'on aurait une chute d'eau dans le parc, qui atteindrait naturellement la hauteur des tours de cet antique manoir, construit par Jacques Cœur. J'ai l'espérance que les propriétaires se décideront un jour à faire ce travail peu dispendieux, comparativement au beau résultat qu'il produirait.

COUPES GÉOLOGIQUES.

Après avoir indiqué succinctement les terrains dans lesquels on peut rechercher les eaux jaillissantes ou ascendantes, je vais

donner, par plusieurs coupes géologiques, des exemples de réussite dans chacune d'elles. Je confondrai sous la même dénomination le terrain détritique et le terrain d'alluvion proprement dit, car, quoique leur position géographique soit souvent différente, ils sont presque toujours composés des mêmes éléments, réunis d'une manière analogue.

Les sondages pour lesquels j'ai fourni à MM. Blanc, de Hombourg (Hesse), des équipages de sonde et des ouvriers, ont eu pour but principal la recherche des eaux minérales ; plusieurs sources contenant les principes médicinaux nécessaires ont été rencontrées dans le terrain keuprique d'où elles se sont élevées à la surface du sol ; quelques-unes sont intermittentes ; MM. Blanc trouvèrent les eaux douces dont ils avaient besoin dans les débris du même terrain keuprique, qui, dans cette localité, constituent un dépôt de 10 mètres et plus de puissance ; les eaux rencontrées dans l'un des forages à la profondeur de 6 mètres, se sont élevées de 3 mètres au-dessus de leur niveau ; elles sont abondantes et de bonne qualité (voyez pl. 23, fig. 5).

La figure 4 représente les alluvions de la Seine attaquées seulement par un puits ordinaire, et presque entièrement traversées par un sondage pratiqué dans ce puits ; ce dernier ne peut être suffisamment approfondi à la main à cause des eaux qui y affluent. Un coup de sonde donne en peu de jours la profondeur convenable ; les sables qu'il traverse sont soutenus par un tube en fer de $0^m,12$ à $0^m,20$, ou par un tube en bois de mêmes dimensions intérieures. Le tuyau d'aspiration de la pompe, qui primitivement ne descendait qu'au fond du grand puits, descend dans le tuyau de sondage, et prend les eaux à 4, 5 et 6 mètres au-dessous de leur niveau, d'où il résulte que quelle que soit la quantité dont on ait besoin, le puits la fournit dans toutes les saisons.

Les couches supérieures du terrain tertiaire des environs de Paris, c'est-à-dire les argiles à meulières supérieures, les marnes et calcaires d'eaux douces qu'elles recouvrent, les sables supé-

rieurs, déposant les eaux qu'ils reçoivent sur les glaises du terrain lacustre qui leur est inférieur, donnent lieu à plusieurs niveaux d'eau et à de nombreuses sources. Elles s'élèvent peu au-dessus de leur niveau, parce que les couches qui les contiennent ont rarement beaucoup d'inclinaison et d'étendue, et le meilleur moyen d'utiliser ces sources est d'explorer le pays avec une sonde d'agriculteur, afin d'en réunir un grand nombre dans les parties les plus élevées, s'il se peut, pour les conduire ensuite en un seul ruisseau ou tuyau vers le point à alimenter.

Les figures 1 et 2 de la même planche indiquent deux puits jaillissants de peu de profondeur, pratiqués chez M. de Rothschild, dans sa propriété de Ferrières, près Lagny, contrée où le groupe du calcaire lacustre inférieur (deuxième terrain d'eau douce de Brongniart) est la formation géologique dominante. Le quatrième forage n'a pas amené le résultat des précédents, parce que le banc caillouteux qui contient les eaux manque, et que les marnes imperméables qui se trouvent au dessus reposent immédiatement sur un banc compacte de calcaire siliceux.

Les terrains tertiaires ne sont pas ceux qui donnent en France les plus beaux résultats de puits artésiens, mais ceux où on les obtient le plus fréquemment, d'abord parce que leurs couches sont propres au recèlement des eaux, et qu'en outre elles sont moins épaisses que celles des terrains secondaires et nécessitent par conséquent moins de dépenses pour leur forage.

Parmi les dépôts tertiaires de France, le bassin de Paris a, jusqu'à présent, fourni en ascension d'eaux souterraines les plus heureux résultats ; c'est principalement dans le groupe du calcaire lacustre inférieur, en second lieu, dans la partie sableuse et chloritée du calcaire grossier, et souvent dans ses assises marneuses, enfin dans le groupe des argiles plastiques, ou des sables inférieurs qui est appelé premier terrain d'eau douce par Brongniart, que l'on trouve en grand nombre les sources ascendantes et jaillissantes.

Les terrains tertiaires des environs de Paris doivent les nombreuses sources qu'ils contiennent à leur nature alternativement compacte, ou imperméable et meuble, et en outre à leur position sur le bassin crayeux qu'ils ont rempli de leurs dépôts. Les bords de ce bassin forment comme une ceinture aux environs de Paris, que l'on peut suivre presque sans interruption ; elle se montre partout dans la vallée de la Seine, de Dival et Villenoxe jusqu'à Montereau. Elle reparaît près Paris à Meudon, Bougival, Ruel; elle est à jour dans toute la vallée de la Mauldre et dans celle de Vaucouleur, et sur les rives de la Seine, de Meulan à la Roche-Guyon ; dans la vallée de l'Epte et jusqu'à Longchamps. Entre Beauvais et Gisors elle couvre encore une grande surface ; elle existe à Provins, à Sezanne, à Laon et elle est exploitée aux environs de Compiègne où les puits ordinaires la rencontrent au dessous d'une faible épaisseur de terrains de transport ; enfin elle forme le sol de la haute Normandie, de la Picardie et de la Champagne, et s'étend dans le département des Ardennes, suivant une zone dirigée du sud-ouest au nord-est, de Beaucouville, près Autry, à Maimbresson et à Blanchefosse, et s'appuie sur les terrains jurassiques dont les affleurements se montrent successivement et parallèlement à eux-mêmes, jusqu'à une ligne partant de Mouzon à Fligny.

Les cailloux roulés que l'on rencontre sur beaucoup de points du pourtour de ce bassin sont une des preuves que les eaux y ont séjourné; c'est donc dans cette espèce de golfe ou de lac à surface extrêmement ondulée que se sont déposés les terrains tertiaires que la sonde du fontainier a déjà traversés entièrement sur un grand nombre de points.

L'examen de la carte géologique des environs de Paris, de M. Brongniart, celles plus récentes et plus complètes de MM. de Senarmont et d'Archiac, montrent clairement les dispositions des terrains tertiaires dans le bassin crayeux dont je viens de parler; les coupes que je donne des vallées de la Seine et de la Marne indiquent suffisamment, aux personnes qui voudront faire des

recherches d'eaux jaillissantes, les hauteurs des points où l'on peut espérer un succès dans ces deux localités. Sur beaucoup de points des vallées du grand et du petit Morin, l'on peut obtenir des eaux jaillissantes, aussi les usines nombreuses qui sont situées sur ces deux cours d'eau, pourraient-elles être suffisamment alimentées par les eaux venant du fond de ces vallées ; il en est de même de celle de l'Aubelin.

La plus grande puissance des couches du terrain tertiaire se manifeste visiblement, au nord et au nord-est, par leurs affleurements ; en s'avançant vers le sud elles se recouvrent successivement ; et, dans cette superposition, quelques-unes d'entr'elles s'amincissent ou disparaissent tout à fait.

Les coupes de sondages faits dans les vallées de la Seine et de la Marne font voir la décroissance du jet des eaux souterraines, suivant la pente de ces vallées ; mais ce fait n'est pas encore suffisamment démontré, attendu que plusieurs sondages compris dans ces coupes n'ont pas atteint la fin des sables inférieurs ou des argiles plastiques, notamment ceux de Saint-Denis et de Saint-Ouen. Je viens de terminer un sondage à Saint-Denis dans le couvent des dames de la Commisération ; il dépasse de 20 mètres ceux précédemment faits, et me met à même de connaître parfaitement, sur ce point, tout l'étage du terrain tertiaire. Néanmoins, le résultat de Reuil, celui obtenu à la papeterie de Sainte-Marie, sur le Grand-Morin, semblent démontrer que les eaux jaillissantes s'élèvent d'autant plus qu'on approche des points d'alimentation ; la papeterie de Sainte-Marie surtout favorise cette supposition ; ce point du Grand-Morin est à peu près situé sur une ligne nord-sud passant par Reuil ; les eaux rencontrées sous les premières couches du terrain d'argiles plastiques se sont élevées à $1^{m},50$ au dessus du sol, par conséquent à 76 mètres à peu près au dessus du niveau de la mer ; si l'on eût poussé le sondage jusqu'à la craie, peut-être eût-on obtenu une ascension de 6 mètres au dessus du sol, et par conséquent de 81 mètres environ au-dessus de la mer ;

peut-être aussi les eaux jaillissantes eussent-elles cessé de couler, attendu qu'il y a, entre ce point du Grand-Morin et Reuil-sur-Marne, une différence d'élévation de 20 mètres, et entre Sainte-Marie et la rue du Faubourg Saint-Antoine, la différence bien plus grande de 42 mètres.

La craie, ainsi que l'a indiqué le sondage d'Ivry, près Paris, est en ce point à une faible profondeur, et il suffit de descendre la Seine, d'Issy à Bougival, etc., pour rencontrer la craie au sol; dans le haut pays, c'est-à-dire vers le nord-est et l'ouest de Paris, l'on voit la superposition des couches tertiaires sur la craie; sur les points bas que nous venons de mentionner, l'on observe aussi le même contact; mais, dans le premier cas, les affleurements des couches tertiaires absorbent une partie des eaux dont ils sont arrosés, tandis que, dans le second, ils doivent être considérés comme des ouvertures par lesquelles s'échappent, en partie assez notable, les eaux des nappes souterraines. Ces eaux s'épanchent, soit directement au dehors, soit dans les couches meubles avec lesquelles les affleurements dont il est question sont en contact; elles sont aussi absorbées par la craie, dont la partie supérieure est souvent fissurée, et donne lieu à l'établissement des puits absorbants ou boit-tout.

La pl. 24 est une coupe passant par les différents sondages exécutés dans la vallée de la Seine, à laquelle on a joint ceux de Mondeville et de Montgermont (Seine-et-Oise); elle indique suffisamment, sans qu'il soit besoin d'entrer dans aucun détail, les ondulations du bassin crayeux et des différents étages du terrain tertiaire qui y sont déposés.

Des eaux ascendantes ont été rencontrées à Montgermont dans les marnes du calcaire lacustre, mais, lorsque le sondage fut poussé dans le calcaire caverneux, les eaux descendirent aussitôt et se perdirent avec bruit dans les anfractuosités de cette roche.

Les eaux rencontrées à Mondeville, à 150 mètres, se sont maintenues dans le grand puits à 35 mètres seulement au dessus de la

mer. Avant le sondage, le grand puits contenait les eaux provenant des infiltrations dans les sables supérieurs qui, après avoir traversé la masse fendillée du calcaire lacustre, restaient stationnaires sur les marnes qui se trouvent au dessous; ces eaux, qui occupaient dans le puits, en hiver, une hauteur de 16 à 20 mètres au dessus du fond, se perdent aujourd'hui dans la nappe rencontrée à 150 mètres dans les sables chlorités du calcaire grossier; mais cette nappe fournit une quantité d'eau constante, quelle que soit la saison, tandis que, en été, le propriétaire était, avant le forage, entièrement privé d'eau.

Lorsque l'on descend dans le grand puits, l'on remarque un phénomène analogue à celui dont j'ai parlé pour Montgermont. De violents courants d'air s'échappent par les fissures du calcaire siliceux.

Dans la note que je donne ci-après des hauteurs d'ascension des eaux, dans les sondages échelonnés dans la vallée de la Seine, je ne comprendrai pas Mondeville, n'étant pas certain de sa cote de hauteur au dessus de la mer.

Limite d'ascension des eaux au dessus de la mer.

Essonne (eaux jaillissantes)		42m50
Corbeil	idem.	42 »
Soisy	idem.	40 »
Crosnes	idem.	39 80
Ivry	idem.	36 50
Rue du Faub. Saint-Antoine (eaux ascendantes)		31 »
Saint-Ouen (eaux jaillissantes)		35 »
Saint-Denis	idem.	34 »

Ainsi qu'on le voit, la ligne de jonction des points limites de l'ascension des eaux, forme une courbe irrégulière dont les parties les plus élevées se trouvent être, à ses extrémités, Essonne et Saint-Ouen; mais, entre ces deux points, il existe encore une différence de 7 mètres qui vient à l'appui du principe général énoncé précédemment, c'est-à-dire, que vers le haut pays, dans le voisinage

des surfaces d'infiltration, l'on obtiendra une ascension plus grande que vers Paris, où les nappes trouvent leur issue à la fin des couches qui les contiennent.

Le relèvement de la ligne de jonction des points limites d'ascension, vers Saint-Denis et Saint-Ouen, relèvement qui pourrait être plus considérable, si le terrain d'argiles plastiques avait été entièrement exploré, est un fait qui ne doit pas étonner, si l'on considère que la plaine dans laquelle ces deux points sont situés est entourée de tous côtés, excepté à l'ouest, par les formations essentiellement propres au recèlement des eaux souterraines.

Le sondage de Champrosay a donné un résultat à peu près analogue à celui de Soisy-sous-Étioles, mais que la mort du propriétaire a empêché de compléter.

Celui de la barrière d'Italie, chez M. Régis Bouvet, présente un des exemples, heureusement très rares, de non succès dans le bassin de Paris; l'on ne pouvait d'abord espérer obtenir des eaux jaillissantes sur ce point culminant, mais l'existence du calcaire grossier recouvrant les argiles plastiques, faisait raisonnablement présumer que les couches sableuses de ce dernier terrain, donneraient des eaux ascendantes en quantité suffisante pour l'alimentation de l'usine; il n'en a pas été ainsi; après la formation du calcaire grossier, l'on a bien rencontré le terrain d'argiles plastiques, mais ces argiles, toujours compactes et ici fort épaisses, ne contiennent, par anomalie, aucune couche perméable, sableuse; leur passage à la craie se fait immédiatement, tandis que, à 500 mètres de distance, à l'usine de M. Pauwels, une couche de sable quartzeux dans laquelle on a rencontré les eaux les plus ascendantes, sépare nettement de la craie les argiles plastiques ou les marnes argileuses par lesquelles elles se terminent souvent.

Le sondage du bazar Bonne-Nouvelle a été construit comme boit-tout, au compte de MM. Labbé, Rossigneux et comp., pour l'absorption des eaux ménagères et des eaux pluviales provenant de ce

groupe d'édifices. Trois nappes absorbantes ont été rencontrées par le forage : la première à 15 mètres 33 centimètres, la deuxième à 44 mètres et la troisième à 76 mètres dans les sables ligniteux des argiles plastiques. Le résultat que l'on attendait de ce travail a été complétement obtenu et n'eût jamais été altéré si les précautions que l'on doit toujours prendre pour le versement des eaux à absorber eussent été observées ; ces précautions consistent à laisser déposer les eaux dans une citerne avant de les faire écouler dans le trou de sonde, afin qu'étant dégagées des matières qu'elles contiennent, elles n'engorgent pas les interstices des canaux absorbants. Lors de l'achèvement du forage, une expérience d'absorption fut faite : le réservoir plein d'eau et pouvant contenir 36 tonneaux, était alimenté par une pompe produisant 1 tonneau par 5 minutes. Trois tonneaux placés sur le sol ont été successivement versés dans le bassin, pendant que la pompe fonctionnait sans interruption ; le tout a été parfaitement absorbé en 20 minutes, après lesquelles l'eau a repris immédiatement son niveau dans l'intérieur des tubes. D'où il résulte que 43 tonneaux ont été absorbés pendant le temps qu'a duré l'expérience, ce qui porte la quantité par minute à 450 litres.

Il fut recommandé aux propriétaires du bazar de veiller à ce que le niveau des immondices charriées par les eaux ne dépassât jamais celui de l'orifice des tuyaux, s'élevant à $0^m,66$ au-dessus du fond de la citerne. Pendant 3 ans, le puits a complétement absorbé toutes les eaux versées dans la citerne sans que celle-ci fût visitée une seule fois. Une obstruction s'étant manifestée, nous avons été appelés, et nous avons reconnu que les vases remplissaient la citerne à 1 mètre au dessus de la calotte sphérique dont l'orifice des tubes est recouvert : nous avons alors fait nettoyer la citerne, ôter la calotte et vider le trou de sonde au moyen d'un tuyau-soupape à corde. Les boues et les sables remplissaient complétement le puisard. Cette opération terminée, l'absorption reprit son cours, mais moins bien que précédem-

ment, et c'est ce qui devait être, car les sables absorbants avaient été graissés et comme agglutinés par les boues provenant de la citerne. Pour bien réparer ce puisard, il faudrait maintenant relever la dernière colonne de tubes, élargir le forage et le tuber de nouveau.

Cet exemple démontre qu'un puisard foré est un excellent mode d'absorption, lorsque l'on maintient en bon état la citerne dans laquelle les eaux doivent préalablement se dégager des matières qu'elles tiennent en suspension ; mais, qu'au contraire, un bon puisard devient un auxiliaire onéreux et inutile, lorsque ces précautions ne sont pas rigoureusement observées.

Je passe sous silence plusieurs des sondages de la planche 2, parce que le but dans lequel ils ont été faits, ainsi que les résultats qu'ils ont donnés, sont consignés dans un état dressé à cet effet. Le sondage des Moulineaux ou du Val-Fleury est un des puisards que j'ai exécutés au viaduc du chemin de fer de Versailles (rive gauche de la Seine) ; il fait voir la craie à une faible profondeur, recouverte seulement par 10 ou 15 mètres d'argiles plastiques, et quelques assises de calcaire grossier.

La planche 25 est une projection des coupes des différents sondages échelonnés dans la vallée de la Marne, sur un plan est-ouest ; l'ensemble des figures fait connaître assez clairement les relations qui existent entre les orifices des différents sondages qu'elles représentent, et les niveaux de la Seine et de la mer, au-dessus desquels ils sont situés, ainsi que les hauteurs d'ascension de leurs eaux, par rapport aux mêmes surfaces et à celle du canal de l'Ourcq. A partir de Meaux jusqu'à Alfort, au confluent de la Seine et de la Marne, les niveaux des eaux jaillissantes sont situés sur une ligne ondulée, dont le sommet s'élève au-dessus du canal de l'Ourcq, et le point le plus bas à 0,13 au-dessous de ce niveau. A Reuil, la ligne de jonction atteint son maximum de hauteur, au-dessus du canal et au-dessus de la mer, et j'ai dit plus haut qu'à Sainte-Marie l'ascension dépassait celle de Reuil de 15 à 20 mètres.

HAUTEURS COMPARATIVES DE L'ASCENSION DES EAUX DES PUITS ARTÉSIENS DE LA VALLÉE DE LA MARNE.

	Au-dessus de la mer.	Par rapport au canal.
Ivry-sur-Seine.	36m,50 . .	— 13m
Charenton ou Alfort. . .	39 . .	— 11
Vaires.	53 . .	+ 1, 60
Claye..	52 . .	»
Anet.	52, 60 . .	»
Trilbardeau.	52 . .	— 1
Meaux.	52 . . .	— 2, 50
Reuil..	60, 50 . .	+ 3
Papeterie de Sainte-Marie sur le Grand-Morin. . .	75	

Le sondage de Champigny, ainsi que celui de Poulangis, qui n'est pas figuré dans la planche 3, sont deux exemples de non succès dans la vallée de la Marne, exemples d'autant plus extraordinaires, que ces trous de sonde ont traversé le groupe des argiles plastiques complet, c'est-à-dire avec leurs sables ligniteux et quartzeux tout à fait purs ; mais ces couches meubles, qui jusqu'à présent ont toujours fourni dans nos terrains tertiaires des environs de Paris des eaux ascendantes et jaillissantes, sont complétement secs sur ces deux points. Ce phénomène ne peut être attribué qu'aux ondulations du bas sincrayeux, qui forment, sans doute, aux abords de Champigny et de Poulangis, comme des ceintures contre lesquelles les couches aquifères éprouvent des solutions de continuité.

Les sondages de Vincennes et de Créteil ont eu pour but, l'un l'absorption des eaux des fossés du château, l'autre celle des carrières de calcaire grossier appartenant, à cette époque, à M. Marie. L'immense quantité d'eau qui provient des couches du terrain de calcaire grossier, n'a pu être complétement absorbée

à Créteil ; mais toutes les eaux pluviales et domestiques accumulées dans les fossés du château de Vincennes ont été pendant plusieurs années entièrement enlevées par le puisard. Les précautions que nous avions recommandées pour l'entretien d'un puisard, ayant été négligées là comme au bazar Bonne-Nouvelle, à Paris, les mêmes résultats devaient arriver : le puisard de Vincennes était dernièrement rempli de détritus, et bien que nous l'ayons fait nettoyer, l'absorption est aujourd'hui moins complète qu'autrefois.

Les planches 26 et 27 donnent les coupes de 6 sondages exécutés dans le département du Nord pour la recherche de la houille. Les sondages de Marchiennes et de Vred (pl. 26) ont amené des eaux fortement jaillissantes, provenant de la partie supérieure de la craie, dont les fissures reçoivent les eaux qui s'épanchent au travers des couches tertiaires, qui recouvrent ce terrain, suivant une épaisseur assez considérable; la même nappe a probablement été rencontrée à Flines; mais, soit que ces eaux aient été moins jaillissantes que celles des sondages précédents, soit qu'elles se soient perdues dans les sables maigres qui avoisinent le sol, ou dans ceux qui recouvrent la couche d'argiles sableuses qui forme le passage des terrains tertiaires au terrain crétacé, elles n'ont pas été mentionnées dans le journal des travaux.

Les conditions dans lesquelles ces eaux jaillissent, sont les mêmes que celles décrites par M. Garnier, dans sa notice géologique des environs de Béthune (Pas-de-Calais), et rentrent, du reste, dans l'explication générale des phénomènes des puits artésiens; ainsi, les eaux pluviales s'infiltrent dans le dépôt tertiaire par ses affleurements, descendent dans la craie aussi profondément que ses fissures le permettent, et, comme elles sont contenues, vers le haut, par les couches argileuses dont la craie fissurée est recouverte, elles s'élèvent naturellement dans les forages par lesquels on leur livre un passage au travers des argiles.

L'on conçoit que, pour mettre à profit toute la quantité d'eau que la nappe est capable de fournir, il est important qu'un tube

hermétiquement ajusté, descende jusque sur la craie, ou s'arrête dans la dernière couche argileuse qui la recouvre, autrement les eaux se perdraient presque en totalité dans les sables de la partie supérieure du sondage.

Tous les puits jaillissants de l'Artois sont analogues à ceux de Marchiennes et de Vred (Nord), dont je viens de parler. C'est toujours après avoir traversé ce dépôt tertiaire et pénétré à une profondeur peu considérable dans les terrains de craie, que l'on rencontre la nappe jaillissante, dont l'abondance est telle sur certains points, qu'elle est utilisée comme force motrice, ou pour les irrigations.

La planche 27 représente trois sondages pratiqués dans le même département, également pour la recherche de la houille; ici, la couche de craie proprement dite a été traversée par les trois sondages sans qu'on y ait reconnu de filet d'eau ; ce fait n'étonnera pas, si l'on remarque que la hauteur moyenne du sol au-dessus de la mer, sur les trois points d'Abscon, Auberchicourt, Émerchicourt, est d'environ 60 mètres, tandis que celle des trois premiers n'est que de 16. Il résulte de ce relèvement de terrain, que le dépôt tertiaire se réduit à une faible épaisseur et que, de ce côté, les infiltrations ne peuvent pas avoir lieu, parce que ces couches meubles sont probablement ravinées, sur plusieurs points, jusqu'à la surface crayeuse. En outre, pour que les nappes qui alimentent Marchiennes et Vred puissent reparaître au niveau d'Abscon, Auberchicourt et Émerchicourt, il faudrait que, sur les premiers points, elles s'élevassent à 60 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui est loin d'avoir lieu.

Ainsi que l'indiquent les coupes des planches 26 et 27, ces sondages ont atteint, au-dessous du terrain crétacé, le terrain houiller, et trois d'entre eux ont atteint le terrain de transition ; dans deux seulement, ceux de Flines et d'Émerchicourt, le terrain crétacé repose immédiatement sur le terrain de transition.

L'on remarque aussi que, dans ces six sondages, aucune as-

cension d'eau ne s'est manifestée, parce que les sables verts de la partie inférieure du terrain crétacé manquent dans ces localités. Ce fait est important à noter, pour mettre les propriétaires et les villes en garde contre les assertions de plusieurs journaux qui, à la suite du résultat du puits de Grenelle, annonçaient que, partout, à la base de la craie, l'on doit rencontrer des eaux jaillissantes. Nous avons, dans une lettre adressée à l'Académie des Sciences, démontré les graves inconvénients dans lesquels, par suite d'un enthousiasme irréfléchi, l'on entraînerait le public. Toute la formation jurassique manque également et reparaît dans le département de la Somme, à Lucheux (pl. 28). Ce sondage ainsi que celui de Gouy (Pas-de-Calais) ont été exécutés pour la recherche de la houille, le premier au compte de la compagnie de Bouquemaison, le second au compte de la société départementale du Pas-de-Calais. Le premier a été abandonné dans la formation oolithique, le second a été poussé trop loin, on peut le dire, dans le terrain de transition. Le groupe des sables verts est indiqué sur ces deux points, suivant une épaisseur assez notable pour le bien caractériser. A Lucheux l'on a rencontré une nappe jaillissante.

A Lille, la craie ne contient pas d'eau ascendante; le groupe des sables verts n'y est annoncé que par les argiles et le tourtia qui se montrent dans presque toute la contrée dont nous venons de parler (ce tourtia est ordinairement un conglomérat à ciment argilo-calcaire; les noyaux sont de quartz et de grès). Le tourtia repose, à Lille, immédiatement sur le calcaire carbonifère, dans les fissures duquel se trouvent les eaux jaillissantes qui sont contenues par les argiles ou dièves de la craie, d'une manière analogue à celle dont les argiles du dépôt tertiaire, citées précédemment, contiennent les eaux de la partie supérieure du terrain crayeux. Cette analogie peut du moins être supposée, si le calcaire carbonifère est traversé par une multitude de fissures aboutissant presque toutes à la partie supérieure; mais on peut présumer aussi que quelques fissures, ayant leur origine à la surface du calcaire et vers les

parties relevées des affleurements, descendent profondément dans sa masse et figurent ainsi des canaux inclinés desquels l'eau s'élève dans l'ajutage vertical représenté par le sondage.

Les exemples qui précèdent démontrent que, lorsqu'on entreprend un sondage dans le terrain crétacé, l'on ne peut pas toujours espérer y rencontrer les eaux jaillissantes dans le groupe des sables verts par lequel il se termine suivant l'ordre géologique; que ce groupe manque souvent, ainsi que toute la formation jurassique, et que les fissures des terrains inférieurs offrent seules des chances de succès.

Le beau succès obtenu à Paris, sous la craie et dans le groupe des sables verts que l'on a seulement attaqués, la température élevée des eaux jaillissantes, due à la grande profondeur d'où elles proviennent, a donné l'idée au conseil municipal de construire un nouveau puits artésien au jardin des plantes. Ce puits que l'on pousserait jusqu'à la fin des sables verts, devrait fournir des eaux dont la température, augmentant en raison de la profondeur du sondage, permettrait de les employer en hiver à l'entretien des plantes en serre; ce but peut, en effet, être atteint si les couches aquifères ont, au-dessous de la craie, la puissance qu'on leur suppose, mais qu'on ignore complétement; mais il peut arriver aussi que le groupe des sables verts ne soit simplement représenté que par quelques couches de sables, de grès et d'argiles sableuses, comme cela a lieu dans les départements du Pas-de-Calais et de la Somme sur les points que nous avons explorés; il peut arriver encore que, la formation jurassique manquant entièrement, l'on soit privé des eaux qui se trouvent souvent dans cet autre étage des terrains secondaires, et que, là comme à Lille, l'on n'ait d'autres chances de probabilité de succès, que dans les fissures du terrain de transition, si les couches schisteuses du terrain houiller dans lesquelles on rencontre quelquefois des eaux jaillissantes, manquaient également.

Le but que le conseil municipal se proposait, en projetant le

forage d'un puits artésien dans le Jardin-des-Plantes, n'était pas seulement, sans doute, d'obtenir des eaux chaudes, mais aussi des eaux salubres et abondantes au-dessus du sol, et par lesquelles on eût embelli cet établissement par de magnifiques fontaines; ce n'est pas non plus seulement le Jardin-des-Plantes que la ville de Paris doit doter d'un pareil avantage; beaucoup de quartiers le réclament, et il faut espérer que, maintenant que la certitude est acquise que sur un point quelconque de la ville, un succès analogue à celui de Grenelle peut être obtenu, avec un temps et une dépense moindres, nous verrons d'ici à quelques années plusieurs autres fontaines artésiennes dans la capitale, ayant leur origine sous le terrain crétacé.

Déterminer d'une manière précise les points extérieurs de la nappe qui alimente le puits de l'abattoir de Grenelle à Paris, est chose assez difficile; cependant, en observant le relèvement du terrain crétacé sur les terrains jurassiques, dans les départements des Ardennes, de la Marne et de l'Aube au nord-est, et, suivant cette superposition, sur toutes les formations jurassiques de l'est de la France, l'on concevra que les infiltrations peuvent avoir lieu sur beaucoup de points de ces contrées élevées.

Dans le département des Ardennes, la rivière d'Aisne et ses petits affluents arrosent les sables verts sur une distance de 40 kilomètres, dans une largeur d'environ 15 kilomètres; l'on pourrait donc déjà avancer, sans crainte d'être contredit, que les eaux jaillissantes du puits de Grenelle descendent d'Attigny, de Vouziers, de Grandpré, d'Autry, etc., lieux tous situés sur les grès et sables verts, attendu que ces points sont à 100 mètres environ au dessus de la plaine de Grenelle, et qu'ils se trouvent sur la ceinture formée autour de Paris par le terrain crétacé. En remontant, au nord-ouest, le département des Ardennes, l'on observe encore plusieurs lambeaux des sables et grès verts arrosés par de petits cours d'eau tels que le Vaux, le Marave, la Serre, etc. L'Aube qui, depuis sa source jusqu'à Origny (Aisne), coule sur la

formation oolithique, est dominée par des coteaux où le groupe des sables verts se montre suivant une zone non interrompue depuis Rumigny (Ardennes) jusqu'à la Hourbe, à 7 kilomètres nord de Vervins (Aisne); cette zone de grès verts est située sur la rive gauche de l'Aube, et affecte la direction générale des formations jurassiques du département des Ardennes. La rive droite ne présente que des lambeaux rapprochés de grès verts qui laissent à nu la formation oolithique. L'état d'isolement de ces lambeaux les rend impropres aux infiltrations ; en continuant à descendre l'Aisne, l'on voit encore des affleurements de grès verts dans la vallée de l'Oise. Enfin ils forment quelques affleurements sur les frontières de Belgique. Vers le sud-est, au-dessus de Troyes, et à la frontière des départements de l'Aube et de la Haute-Marne, la Glauconie reposant, soit sur l'Oxford-Clay, soit sur le Coral-Rag, se montre à jour sur une longue étendue et sert ainsi à l'alimentation des réservoirs, rencontrés à Grenelle, à Elbeuf et à Tours.

Toutes les infiltrations descendant des régions nord, nord-est et est, s'écoulent en suivant la pente des couches vers les parties opposées. Nous avons déjà cité quelques-unes des sources jaillissantes au-desous de la craie des départements de la Somme et du Nord. Le département de l'Aisne a aussi plusieurs fontaines jaillissantes provenant du groupe des grès verts, notamment à Saint-Quentin. Il en est de même de la Seine-Inférieure : à Rouen, un sondage exécuté par MM. Flachat a donné une source jaillissante abondante ; un premier sondage avait été fait avant celui dont nous venons de parler, et avait donné les mêmes résultats. Elbeuf possède aussi des puits artésiens dont plusieurs usines utilisent les eaux jaillissantes ; l'on en fore un en ce moment à Calais ; la craie est traversée, et, depuis plusieurs années, la sonde avance avec de grandes difficultés dans des grès verts d'une dureté excessive, sous lesquels on rencontrera probablement des eaux jaillissantes. Ces eaux seront-elles le résultat des infiltrations aux affleurements que nous venons de détailler, ou, comme quelques

personnes le supposent, viendront-elles du nord-ouest de l'Angleterre, en traversant la Manche sous le bassin crayeux? Cette hypothèse peut à la rigueur être admise aussi bien que la première; mais, comme nous n'avons pas sur la disposition des terrains crayeux en Angleterre des notions assez précises pour déterminer les points où le passage des eaux a lieu, entre ce groupe et celui des grès verts, nous ne pouvons rien affirmer.

Dans un étage supérieur, celui qui forme le bassin tertiaire de Londres, l'on rencontre de nombreuses sources jaillissantes dans l'argile plastique qui est la même que celle des bassins de Paris, et qui, au lieu d'être recouverte par le calcaire grossier parisien, l'est par une formation qui lui correspond, d'après l'examen des nombreux fossiles qu'elle renferme, et à laquelle on a donné la dénomination d'argile de Londres.

Je ne citerai pas tous les exemples d'eaux ascendantes et jaillissantes dans les bassins inférieurs du terrain crétacé, mais je terminerai ce que j'ai à dire de cette formation par un mot sur un essai fait à Rochefort (pl. 29), dans le département de la Charente-Inférieure, et par la description des puits jaillissants de la vallée de la Loire (pl. 31).

Les assises inférieures du terrain crétacé n'ont pas été entièrement traversées par le sondage de Rochefort; il est à regretter que l'on ait manqué de persévérance pour le passage des marnes fétides qui appartiennent probablement à cet étage, et que l'on n'ait pas poussé l'exploration jusque dans la formation oolithique. Les assises sableuses du terrain crétacé ayant leurs affleurements tout près de Rochefort, il était probable que l'on n'obtiendrait pas, en les traversant, d'eaux jaillissantes; l'on a cependant rencontré deux niveaux d'eau, mais qui n'ont été indiqués que par une légère ascension. La profondeur des sondages de l'hôpital et du port n'ont pas dépassé celle de 110 mètres, et, pour l'atteindre, il a fallu deux ans. Dans des couches offrant les mêmes difficultés, nous atteignons, dans le bassin tertiaire de Paris, la même profon-

deur en 50 à 60 jours. L'on se rend compte, au surplus, de la lenteur avec laquelle ont marché les travaux de Rochefort, lorsqu'on sait que les forçats seuls y étaient employés comme manœuvres, et qu'ils étaient dirigés par des personnes, fort instruites sans doute, mais étrangères aux travaux du sondage.

La planche 31 (Coupes géologiques) donne une idée des ondulations de la craie depuis Orléans, où elle est recouverte par le terrain tertiaire de la Beauce, jusqu'à Beaufort, où elle repose sur les premières assises du terrain jurassique, lequel recouvre les schistes de transition exploités à Angers; ces sondages offrent des exemples d'eaux jaillissantes ou simplement ascendantes dans les couches du terrain jurassique.

Le sondage de Saumur a donné de l'eau qui se tient en contre-bas du sol, un peu élevé sur ce point, mais qui coulerait à la surface au moyen d'une conduite établie vers un point plus bas.

Il a été question précédemment du sondage de Rochecote, dont les eaux sont employées comme moteur à la formation d'un jet, au dessus de la terrasse du château.

Je n'ai donné la coupe que d'un de nos puits forés de Tours, celui de l'abattoir, quoique le volume de ses eaux jaillissantes soit très faible comparativement à ceux des puits voisins, mais parce que son tubage en cuivre, du sol jusque dans la glauconie, est exécuté assez exactement pour que l'on ait pu mettre le tube parfaitement à sec. Une diminution sensible dans le produit de ce puits a néanmoins eu lieu lors du percement, par M. Mullot, du puits de l'hospice qui a augmenté aux dépens du premier.

La distance de la Ville-aux-Dames à Tours, n'est que d'un myriamètre environ, et, cependant, dans ce faible parcours, la craie éprouve un relèvement de près de 60 mètres. Les sables et grès verts ayant suivi cette ondulation, représentent l'allure d'un siphon, étendu sur un sol accidenté et dans lequel les eaux circulent en vertu d'un niveau toujours supérieur à celui de l'écoulement.

Le sondage d'Orléans n'a qu'effleuré pour ainsi dire la craie;

la rencontre d'un lit de silex cornés, dans lequel on a pénétré de 10 mètres, ayant donné lieu à plusieurs ruptures de sondes, la lenteur avec laquelle s'opérait la réparation de ces graves accidents a déterminé l'abandon du sondage.

A Évres, le terrain crétacé est recouvert par 120 mètres environ de marnes, de sables et de grès, appartenant au terrain tertiaire et dans lequel on a rencontré une nappe ascendante et deux autres jaillissantes. Le sondage a été poursuivi jusqu'à 191^{m},66 dans le terrain crétacé en traversant 1°, 50 mètres de craie avec bancs siliceux et silex purs, 2°, 20 mètres d'argiles, de sables et de grès verts ne donnant pas d'eau.

Le sondage de Ferrière donne un second exemple d'insuccès dans cette contrée ; la craie y a été rencontrée à 9 mètres ; elle a 67 mètres d'épaisseur. Viennent ensuite les argiles et leurs sables et les grès verts, jusqu'à 142 mètres, et enfin les marnes du calcaire jurassique explorées jusqu'à 151 mètres.

Jusqu'à présent, on n'a donné aucune bonne raison de l'absence des eaux dans les sables verts d'Évres et de Ferrière-Larçon. Si la Creuse, en arrosant les sables verts, est la source commune des puits de la Touraine, ce qui n'est pas démontré, Évres se trouve à une assez grande distance du réservoir et à un niveau assez au dessous de lui, pour que les eaux y soient jaillissantes. Il faut donc attribuer à une faille, à une solution de continuité dans les conduits sableux aquifères, les deux cas d'insuccès dont il s'agit ici.

Ainsi que je l'ai dit, au commencement de ce chapitre, les sources abondent dans les différents étages de la formation jurassique. M. Buvignier, ingénieur à Verdun, ancien élève de l'École polytechnique et collaborateur de M. Sauvage pour les travaux géologiques des départements des Ardennes, de la Meuse et de la Haute-Marne, ayant émis, devant les conseils municipaux de Verdun et de Romagne-sous-les-Côtes (Meuse), l'avis qu'un sondage (pl. 30, fig. 1), dans l'une et l'autre de ces deux localités, pourrait amener à la surface du sol des eaux provenant des couches

moyennes de la formation jurassique. Les travaux commencèrent en 1843 et furent interrompus la même année. Le premier sondage, ouvert dans le coral-rag, fut arrêté à la profondeur de 124 mètres dans l'oxford-clay; celui de Romagne-sous-les-Côtes, ne sortant pas de l'oxford-clay, fut poussé rapidement à 150 mètres où il fut interrompu par l'incurie du conseil municipal qui, après avoir fait commencer les travaux d'après l'opinion de M. Buvignier, ne voulut pas, malgré l'avis de ce géologue, voter la modique somme nécessaire pour l'achèvement du forage des argiles, au passage des quelleset du cornbrash, ou de la grande oolithe et du bradford-clay, l'on aurait sans doute obtenu des eaux jaillissantes.

A La Rochelle, M. Fleuriau de Bellevue, correspondant de l'Académie des Sciences, a poussé un sondage près des bains, à près de 200 mètres de profondeur dans le terrain jurassique. Les oscillations des eaux dans le trou de sonde sont assez remarquables et ont attiré l'attention de ce savant, qui a bien voulu nous faire part d'une notice qu'il a écrite à ce sujet et que nous transcrivons ci-après :

« *Notice sur des variations singulières dans la hauteur de la*
« *colonne d'eau du puits artésien, des bains de mer de La Ro-*
« *chelle.*

« Avant de parler de ces variations, nous rappellerons succinc-
« tement que ce puits foré, qui est situé à 70 mètres du bord de
« la mer, a maintenant (2 février 1834) 559 pieds métriques de
« profondeur et qu'il a été creusé dans le calcaire argileux de la
« formation jurassique moyenne; que 60 pieds l'ont été dans une
« pierre d'un blanc jaunâtre, compacte, presque lithographique,
« et 499 dans un banc d'un gris-bleuâtre, beaucoup plus argi-
« leux, dont l'épaisseur nous est encore inconnue; qu'enfin ces
« bancs divisés par de minces couches d'argile marneuse sont
« presque horizontaux.

« Nous ferons aussi remarquer que, depuis quatre ans que ce

« puits avait été entrepris par les soins de M. Gon, membre de la « Société d'Agriculture de cette ville, l'eau qu'il contenait était « restée constamment (à quelques pouces près) jusqu'au 1[er] août « dernier, à 22 pieds au-dessous du niveau du sol, hauteur qui « est à peu près celle des puits voisins et des pleines mers de « mortes eaux.

« A cette époque, on recommença à le percer; on lui donna « 28 pieds de plus, ce qui porta sa profondeur à 555 pieds. Or, « le 31, l'on fut très surpris de voir qu'une partie des tiges qui « plongeaient précédemment dans l'eau, étaient sèches. Le len- « demain 1[er] septembre, les travaux étant suspendus, l'on vit que « l'eau était descendue de 144 pieds, et le 2, cette chute était « de 152 pieds.

« Mais le 3, l'eau commença à remonter, et son ascension dura « pendant un mois, jusqu'au 2 octobre; elle a été, terme moyen, « de 6 pieds 1/2 par jour dans la première partie du mois, et de « 3 pieds 8 pouces seulement dans l'autre. Elle revint ainsi pré- « cisément à son ancienne hauteur de 22 pieds au-dessus du sol.

« Le lendemain 3 octobre, elle recommença à descendre, et le « 4, elle avait baissé de 29 pieds.

« Le 5, nouvelle ascension jusqu'au 14, qui ne fut en totalité « que de 9 pieds.

« Mais les 14, 15 et 16, l'eau descendit de 93 pieds; le 17 de « 11 pieds et le 18 de 36; en total, de 140 pieds dans cinq jours. « Ainsi la colonne d'eau qui, avant le 1[er] août, était de 505 pieds, « se trouvait réduite de 60 pieds ou d'un tiers de hauteur.

« Le lendemain 19, elle commenca à remonter et continua ré- « gulièrement jusqu'au 13 novembre, où elle se trouva de 114 « pieds plus élevée que le 18 octobre.

« Puis le jour suivant, 14 novembre, elle s'abaissa de nouveau « jusqu'au 16, mais seulement de 14 pieds.

« Enfin elle remonta immédiatement; son ascension fut dans « l'intervalle du 16 novembre au 15 décembre de 42 pieds; mais

« elle devint ensuite si lente, qu'elle n'a été que de 9 pieds dans « un mois et demi, jusqu'à aujourd'hui (2 février), où elle est parvenue à 6 pieds au-dessus de son ancien niveau ; et conséquemment à 28 pieds au-dessous du sol.

Résumé.

« L'on voit donc 1° que le mouvement alternatif de l'eau a « été continuel pendant plus de cinq mois, c'est-à-dire depuis « la fin des travaux du mois d'août jusqu'à ce jour, et qu'il dure « encore, quoique faiblement ;

« 2° Qu'il s'est manifesté quatre abaissements dont deux ont été « si rapides, que l'eau est descendue de 38 et 35 pieds par jour, « tandis que, dans les quatre ascensions, l'eau n'a monté au com- « mencement que de 5 à 6 pieds par jour, et ensuite que de 3 pieds ; « il n'y a d'exceptions à cet égard qu'à la fin de la dernière ascen- « sion ; mais si elle a été beaucoup plus lente que les autres, et « si les variations ont été alors plus rares, tout donne lieu de « penser que la principale cause en est due aux vases qui se « sont successivement accumulées au fond du puits et qui l'ont « obstrué plus ou moins, depuis les 17, 18 et 19 novembre, « époque à laquelle on lui a donné 4 pieds de plus de profon- « deur, et où tous les travaux ont été suspendus faute de fonds. »

« Maintenant, nous prions les hommes experts dans ces sortes « d'entreprises de vouloir bien nous dire s'ils ont vu quel- « que exemple de pareilles circonstances ; si elles ont été ou non « le pronostic d'un succès prochain ; si enfin ils pensent que « quelques travaux suffiraient probablement pour faire paraître « au jour les eaux de cette fontaine intermittente souter- « raine.

« L'on se perd ici en conjectures sur la cause de ces bizarres « variations. De simples cavités à 5 ou 600 pieds au-dessous du « niveau de la mer ne peuvent suffire pour expliquer cette

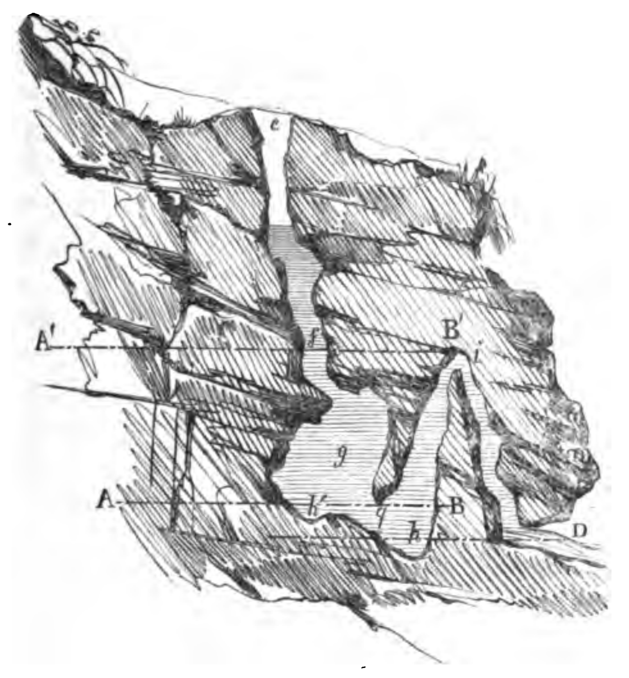
« intermittence ; serait-elle due à des courants souterrains, dont « les puits artésiens nous font chaque jour connaître l'existence? « Les travaux du mois d'août auraient-ils mis notre puits en « communication, par des fissures de rocher, avec l'un de ces « courants? Celui-ci soutirerait-il ses eaux dans les moments où « il est très rapide, et serait-il sans influence sur elles quand il « est plus tranquille, en laissant alors aux sources ordinaires la « faculté de remplir le vide qu'il aurait occasionné. Enfin son « voisinage, s'il existe, ne nous offrirait-il pas une chance de « succès?

« Nous laissons à d'autres à prononcer, et nous nous bornerons « à leur faire remarquer, de plus, que l'hiver précédent on avait « revêtu d'un tube en fonte de fer les 120 pieds supérieurs de ce « puits, tant pour empêcher les eaux de se perdre à la mer, que « pour éviter le mélange des deux eaux, mais que ce mélange, « quoique fort diminué, est encore sensible. Enfin, l'on n'oubliera « pas que ce puits est alimenté par des sources abondantes, ainsi « que nous l'avons fait connaître dans une notice insérée au « *Bulletin de la Société géologique,* des mois de mai et de no- « vembre 1830. »

Les phénomènes rapportés par M. Fleuriau de Bellevue sont les mêmes, à notre avis, que ceux qui caractérisent toutes les fontaines intermittentes, du moins celles où l'hydrodynamique joue exclusivement son rôle ; celles qui doivent leur intermittence à l'expansion périodique des gaz souterrains doivent être rangées à part.

Concevons une anfractuosité d'une grande étendue dans une masse compacte de roches, et supposons qu'une infinité de fissures, ayant comme elle leur ouverture au-dehors, concourent à la remplir d'eaux pluviales ; la capacité *fghi* étant pleine et l'alimentation continuant, l'eau descendra à gueule-bée dans la branche *i*D, qui est bien celle d'un véritable siphon, dont l'autre branche est *ih*. Il se passera donc dans la montagne le phénomène

fort simple du siphon proprement dit, c'est-à-dire que l'écoulement de l'eau par l'orifice D continuera aussi longtemps que la seconde



branche ih sera plongée dans l'eau du réservoir hh', et que le niveau de l'eau dans le réservoir sera toujours au-dessus de l'orifice D. Dans notre figure, l'on remarque que le niveau de l'eau dans le réservoir hh' pourrait être au-dessus de D, sans que cependant l'écoulement dût continuer, car lorsque ce niveau AB aura dépassé en dessous le point q, le siphon se désamorcera, parce que le point q qui représente la base de la branche plongée dans le liquide n'est pas suffisamment bas, ou le réservoir assez profond. Quoi qu'il en soit, c'est-à-dire que les choses aient lieu comme l'indique la figure, ou qu'elles se passent exactement comme dans le siphon proprement dit, il est certain que l'écoulement a eu lieu par l'orifice D pendant un certain laps de temps; que cet écoulement eût toujours duré, si l'alimentation eût

égalé le débit; mais, au contraire, l'eau ayant successivement baissé dans la conduite *efg*, et par suite, l'écoulement ayant subitement cessé en D, il en résulte que, comme primitivement, la branche *i* D est vide, que pendant un temps plus ou moins long l'eau sera en contre-bas de A' B', niveau de la partie recourbée du siphon, mais, que ne tardant pas à le dépasser, elle descendra de nouveau dans la branche *i* D, pour sortir par l'orifice D, jusqu'à ce que son niveau soit descendu en A *q* B.

Si les fissures d'alimentation remplissent promptement la fontaine, bien que l'ouverture D soit assez grande pour la vider plus promptement encore, les temps d'intermittence seront très rapprochés.

Si l'alimentation se fait très lentement, l'ouverture D restant la même, la fontaine intermittente sera à peu près aussi abondante pendant la durée de son écoulement; mais 1° cette durée sera moindre que dans le cas de l'alimentation rapide, 2° les instants d'interruption seront aussi plus longs.

Enfin, la figure restant la même, mais l'orifice D devenant plus petit et ne pouvant débiter l'eau de la fontaine plus rapidement qu'elle n'y arrive, l'écoulement sera continu.

Supposons maintenant que le puits artésien de La Rochelle, dont vient de parler M. Fleuriau de Bellevue, soit représenté par la partie *efg* de la figure, et que les eaux qui l'alimentent et qui se tiennent stationnaires à 22 pieds au-dessous du sol, y arrivent par les mêmes fissures; supposons encore que la branche *ih* de notre espèce de siphon ait 140 à 150 pieds de hauteur, et qu'enfin l'orifice D, que nous avons placé au sol, débouche souterrainement à la profondeur actuelle du puits artésien, et jette les eaux de celui-ci dans un terrain perméable, ou dans des cavernes très vastes comme il peut en exister dans la partie du terrain jurassique où le sondage est poussé ; toutes ces hypothèses raisonnables étant, dis-je, établies, le phénomène de l'intermittence dont parle M. Fleuriau se trouvera naturellement expliqué. Si

cette intermittence n'est pas régulière, c'est que les débris du trou de sonde encombrent les issues de l'eau, et empêchent son écoulement constant pendant les périodes où il doit avoir lieu. Si, en second lieu, cette intermittence cesse un jour, c'est que, sans doute, les terrains perméables, dans lesquels nous avons supposé que le versement s'effectuait, se seront saturés d'eau, ou que, dans l'hypothèse des cavernes, celles-ci se seront remplies. Ce fait doit être aujourd'hui accompli, ou il arrivera indubitablement un instant plus ou moins éloigné où il en sera ainsi.

Jusqu'à présent nous n'avons encore parlé que des eaux contenues 1° dans les terrains d'alluvions; 2° dans les terrains tertiaires; 3° dans le terrain crétacé; 4° dans les formations jurassiques. Il nous reste à citer quelques exemples relatifs aux terrains liasique, keuprique, houiller et anthraxifère. Le terrain liasique du département des Ardennes est divisé en marnes supérieures, calcaire ferrugineux, marnes moyennes, calcaire sableux, calcaire à gryphites (pl. 30). Le sondage de Donchery, près Sédan, est aujourd'hui en cours d'exécution et a pour but la recherche du sel gemme ou du terrain houiller; il est ouvert dans les marnes moyennes dont l'épaisseur est exactement celle annoncée par M. Sauvage, l'ingénieur des mines. Le calcaire sableux qui vient ensuite est une association de lits d'argiles et de bancs de calcaire à texture grésiforme d'une dureté excessive; cet étage s'est terminé à 236 mètres; à sa base, l'on a rencontré des eaux jaillissantes qui ont servi à l'alimentation de la machine à vapeur, la sonde a ensuite attaqué le calcaire à gryphites, dont les dispositions sont, comme le calcaire sableux, une alternance de couches de roches et d'argiles; cette formation liasique terminée à 337^{m}, a donné, à sa base, une nouvelle nappe d'eau jaillissante au-dessus du sol; une colonne de retenue de 330^{m} a coupé la source rencontrée à la base du calcaire sableux; le sondage est aujourd'hui, 1er septembre, à 347^{m} de profondeur dans les sables des marnes irisées, et les eaux qui remontent du fond ont une salure de 3 grammes par litre.

L'existence d'eaux jaillissantes à Donchery fait raisonnablement supposer qu'à Sédan, qui est assez pauvre en fontaines, l'on en obtiendrait aussi en traversant une partie du calcaire sableux qui forme son sol, et en pénétrant de 30 à 40 mètres dans le calcaire liasique ou à gryphites.

La présence d'eaux extrêmement abondantes dans la formation keuprique qui suit celle dont nous venons de parler, est suffisamment attestée par les salines nombreuses existantes en France et en Prusse. Le terrain keuprique est composé d'une puissante couche de marnes que l'on nomme marnes irisées, à cause de la diversité de leurs couleurs; elle renferme, dans sa partie supérieure, des bancs discontinus, irrégulièrement disséminés de calcaire et de strontiane ; sa partie moyenne est caractérisée par de pareils lits d'un calcaire magnésien, alternant avec du gypse (gypse secondaire) et des filons de houille que l'on a quelquefois confondus avec ceux du terrain houiller proprement dit; enfin, dans la partie inférieure, se trouve encore le gypse accompagné du sel gemme; celui-ci est exploité en roches, par galeries, dans certaines localités, à Dieuze, par exemple; mais souvent on l'extrait au moyen de pompes dont le tuyau d'aspiration descend jusque dans le sel; les eaux en sont plus ou moins saturées; et on reproduit le sel par l'ébullition de ces eaux dans de vastes chaudières; c'est le mode le plus généralement suivi et qui continuera à l'être aussi longtemps que le fisc percevra un impôt aussi énorme sur cet objet de première nécessité. Souvent, les couches salifères contiennent des sources imprégnées de sel ; lorsqu'elles en sont privées, l'on y laisse descendre les eaux douces de la partie supérieure de la formation , afin qu'elles s'y saturent de la substance saline ; enfin, les eaux salées provenant des couches de sel gemme sont quelquefois jaillissantes et les pompes sont alors supprimées.

Nous donnons, comme exemple d'un sondage dans les marnes irisées, celui de Cessingen, dans le grand duché de Luxembourg,

bien qu'il n'ait pas amené complétement le résultat cherché, mais parce qu'il a atteint à une profondeur assez considérable un terrain déjà salifère (voy. pl. 29).

Le sondage de Cessingen entrepris pour la recherche du sel gemme ou des sources salées, a été commencé le 6 février 1837 par une société de Bruxelles, sous la direction de MM. Bost et River, qui en ont donné la conduite à M. Kind, ancien mineur de Freiberg, qui justifie chaque jour sa réputation d'habileté.

Les travaux ont présenté, à leur origine, peu d'accidents et de difficultés; quelques ruptures de tiges, et le rétrécissement du diamètre du forage dans les grès du Luxembourg, sont les seules causes du faible retard que l'on a éprouvé dans cette première période (au sujet du rétrécissement, nous dirons en passant qu'avec des trépans en bon acier pur, dont les taillants sont convenablement disposés, cet inconvénient disparaît entièrement).

La seconde période a été plus difficile que la précédente ; les marnes du terrain keuprique et leurs rognons ou blocs de gypse anhydre ont donné lieu à des tubages difficiles et nombreux ; d'après la coupe (planche 29), l'on remarque qu'il n'a pas été possible de gagner beaucoup de fond au-dessous de chaque colonne de garantie, sans être obligé d'en descendre une suivante. M. Jobard, dans sa notice sur le sondage de Cessingen, ne dit pas que l'on se soit servi d'élargisseurs pour éviter la multiplicité des tubages. Il semble pourtant que dans un pareil terrain, dans des marnes où la force d'adhérence est moindre que dans les argiles, l'on aurait pu, avec une même colonne, intercepter de plus grandes épaisseurs de couches croulantes que celles indiquées dans la coupe du sondage dont il est question.

Il est résulté de cet emboîtement successif de colonnes de garantie, une réduction presque subite du diamètre primitif à celui de $0^m,11$, et si d'autres causes, indépendantes de l'art, n'étaient venues interrompre les travaux, il est à présumer que les argiles et les gypses anhydres continuant, l'on eût été forcément

obligé d'abandonner le forage, par la seule cause de la réduction du diamètre. Je suis persuadé que M. Kind se tirerait mieux aujourd'hui de difficultés analogues, mais en tout, et principalement en sondages, l'on ne perfectionne qu'en pratiquant beaucoup.

Ce forage a, du reste, été mené avec autant de promptitude que possible; car la profondeur de 535 mètres a été atteinte en trois ans et n'a pas été acquise par l'emploi de tiges de sonde de 5 à 7 centimètres de côté, comme à Grenelle, mais bien avec des tiges de fer de $0^m,025$ à 0,03 seulement, et des tiges de bois équilibrées par une longue pièce de bois faisant ressort et par la coulisse de M. D'Oeynhausen.

Les sources jaillissantes, rencontrées dans le terrain houiller, sont peu nombreuses, non que ses couches schisteuses ne soient de nature à permettre de rapides infiltrations, mais parce qu'étant souvent repliées irrégulièrement dans des espaces peu étendus, elles ne peuvent renfermer généralement des réservoirs analogues à ceux des formations supérieures. Les galeries des mines offrent divers exemples du passage des eaux à travers les couches schisteuses; si ces couches n'éprouvaiènt pas de solution de continuité, si, partant de lignes élevées, elles se relevaient en sens opposés de manière à affecter la forme d'une masse concave fermée vers tous ses bords, il n'est pas douteux que les eaux qui affluent dans certaines mines seraient jaillissantes si on leur laissait prendre leur niveau dans les puits d'exploitation.

Dans son journal des travaux de sondage que j'ai fait exécuter dans la Russie méridionale pour le compte de M. de Demidoff, le directeur, M. Ayraud, consigne un exemple d'eaux jaillissantes dans le terrain anthraxifère. La planche 30 donne la coupe du sondage dans lequel les eaux se sont élevées au-dessus du sol; elles provenaient d'une couche de schistes argileux dont les éboulements, dus précisément à la présence de la nappe, donnèrent lieu à un tubage que n'ont pas nécessité les autres trous de sonde

pratiqués dans ce pays et dans des couches analogues à celles traversées par le sondage dont il est question.

Les puits jaillissants de Lille (Nord), dont j'ai déjà parlé, de l'hôpital militaire, ceux de l'Esplanade et de l'hospice général, sont des exemples de réservoir d'eaux dans le terrain de transition; mais je dois dire, pour ne pas donner lieu à des recherches hasardées dans cette formation, que les succès de Lille sont probablement particuliers à la localité, et qu'à une distance peu notable de ce point, il pourrait arriver que l'on rencontrât la même succession de couches et le calcaire carbonifère, mais non les eaux que ce dernier renferme à Lille et aux environs; attendu que le terrain de transition a subi les mêmes tourmentes que le terrain houiller ou anthraxifère qui lui est postérieur, et que, par conséquent, les eaux doivent y être très capricieusement dispersées. (Voir la planche 28.)

Nous n'avons pas d'exemples d'eaux jaillissantes dans le terrain primitif, nous prions le lecteur de se reporter au commencement de ce chapitre pour ce que nous avons dit à ce sujet.

CHAPITRE V.

DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE SONDAGE.

Plusieurs systèmes de sondage ont été mis en pratique depuis les époques les plus reculées jusqu'à nos jours, et, dans ce dernier temps, les systèmes créés par nous et d'autres sondeurs ont éprouvé maintes modifications ; ces différents modes peuvent s'énumérer ainsi qu'il suit :

1° Système chinois consistant en un mouton pesant, mû par percussion au moyen d'une corde extensible.

2° Système artésien, anglais et allemand, qui substitue à la corde des tiges en fer.

3° Système prussien, unissant des tiges rigides en fer à des tiges en bois ferré.

4° Système français de la société Fréminville, consistant dans l'emploi de la sonde des Chinois, adaptée à l'extrémité d'une colonne de garantie qui descend avec l'outil perforateur.

5° Système à sonde creuse se défaisant par parties à la manière des tiges à vis ordinaires, et dans laquelle s'opère la percussion à l'aide d'une corde. Ce système diffère essentiellement du précédent en ce que la colonne de fer n'est autre chose qu'une suite de tiges qui servent de guide à la corde, tandis que, dans le premier, la colonne demeure dans le sondage pour y garantir les terrains.

6° Le système de M. Fauvelle qui, comme le précédent, emploie les tiges creuses, pour conduire l'outil travailleur et la pompe foulante pour ramener les détritus au sol.

Je vais examiner successivement tous ces systèmes, et en dé-

duire les inconvénients et les avantages : tous peuvent être employés avec succès dans certaines couches; quelques-uns d'entre eux manquent d'application dans d'autres.

SYSTÈME CHINOIS.

Le système chinois a été compris et exécuté par M. Jobard, de Bruxelles, et mis aussi en pratique par M. Selligue; dans le bassin de Paris, et à Troyes, entre autres contrées. L'expérience a forcé d'y renoncer pour tous les terrains offrant une alternance de couches compactes et de couches meubles. Cet équipage de sonde est léger et peu coûteux; mais s'il peut bien fonctionner dans le bassin houiller de Sarrebruck, où l'on traverse d'épaisses et uniformes couches de grès rouge et de terrain houiller, il est sans application utile dans le bassin tertiaire parisien, dans certains terrains salifères de l'est, etc.

En effet, une masse cylindrique agissant par percussion, n'étant maintenue dans la verticale que par une corde souple, ne peut pas faire un trou droit et sans inégalités. Lorsque l'outil rencontre un fragment de roche empâté dans des marnes, par exemple, il trouve facilité d'un côté, résistance de l'autre, et bientôt une déviation, insensible d'abord et plus tard importante, rend impossible le tubage ultérieur que peut nécessiter le terrain.

En outre, les débris de roches tombées de la partie supérieure, l'adhérence même des terrains à l'outil, le retiennent au fond du trou, de manière à ce que les efforts de traction que l'on exerce pour l'en retirer n'ont d'autre effet que de casser la corde; accident pour lequel il faut souvent avoir recours à une sonde rigide. Ces inconvénients ont déterminé l'abandon en France de tous les forages entrepris par ce procédé.

Les Chinois, pour mettre leur mouton en mouvement, se servaient anciennement d'un simple levier ABC (fig. 1, pl. 5) à l'extrémité *c* duquel ils attachaient leur corde fixée à l'instrument;

des hommes agissaient par leur poids sur le grand bras de levier, ou le tiraient avec des cordes pour enlever et laisser tomber alternativement le mouton ou outil foreur.

L'outillage de M. Selligue était ingénieusement composé, tous ses instruments et ses machines étaient traités avec beaucoup de soin ; je me borne ici à indiquer le mode de percussion qu'il employait fig. 3, pl. 5. Comme dans le système chinois, un mouton *jk* est suspendu à l'extrémité de la corde passant sur le levier ABDC, muni d'un arc de cercle D *e* et d'une bride avec vis de pression pour la fixation de la corde ; je n'ai pas représenté exactement et avec détails la partie inférieure du mouton de MM. Jobard et Selligue ; elle se composait d'une couronne en fer à laquelle s'adaptaient, au moyen de goupilles, des tranchants dont les uns étaient disposés selon des arcs de cercle, les autres suivant des portions de rayons ; au centre, une lame achevait de fermer le diamètre du trou de sonde. Quelques outils cependant étaient analogues à celui *jk*. La partie *j* du mouton est un tourillon que la corde entraîne chaque fois que le mouton tombe à fond, et qui le fait changer de direction ; dans des couches homogènes, cette torsion de la corde suffit pour faire mouvoir régulièrement le mouton en l'élevant à des hauteurs toujours égales.

La machine qui met la sonde en mouvement est un engrenage simple, dont la grande roue porte une couronne en fonte évidée circulairement ; un bouton *h*, faisant suite à la corde A *h*, est fixé dans cette rainure, et peut librement en faire le tour moins l'espace que prend un toc que l'on voit à côté de lui ; dans la position de la figure, l'outil est au fond du trou ; pour l'élever l'on fait tourner la roue dans le sens de la flèche K ; arrivé au point P, le bouton, qui n'est plus pressé par le toc, se relève entraîné par le poids de l'outil, en parcourant la demi-circonférence opposée à celle que le toc lui a fait décrire, celui-ci ne tarde pas à le rejoindre, et une succession de chutes indéfinies s'opère de la même manière.

Le vidage du trou se fait à la corde, laquelle passe sur la poulie de la chèvre, et s'enroule sur un tambour de gros diamètre; cette partie du système chinois se trouve dans le mien depuis quinze ans; je l'emploie pour l'épuisement des sables fluides et le nettoyage des trous de sondes tubés ou dont les parties solides ne peuvent donner lieu à aucun accident.

SYSTÈME ARTÉSIEN ALLEMAND ET ANGLAIS PERFECTIONNÉ.

Ici la corde est remplacée par des tiges rigides formant la sonde entière avec laquelle on met en mouvement, par rotation, des tarières analogues à celles des charpentiers, mais de diamètres de 0,07 à 0,30 centimètres; des vrilles ou langues américaines, des tire-bourres, des tuyaux munis de soupapes pour nettoyer, etc. Les tiges, à l'époque de leur importation en France, étaient à enfourchement (fig. 1, pl. 1re); on les a modifiées suivant les fig. 2, 3 et 19. Dans la fig. 1re les emmanchements mâle et femelle sont à faces planes et rendus adhérents au moyen de deux boulons à écrous; chaque tige est supportée sur les couvercles du trou de sonde par un fer sur-champ (fig. 20), que l'on passe dans l'œil de la tige, laquelle est, par cette ouverture, diminuée de force sans utilité, attendu que l'on a à sa disposition d'autres moyens d'arrêt que celui-ci; dans la fig. 3 les deux parties assemblées de chaque tige sont identiquement les mêmes. Dans la fig. 19 c'est une boîte recevant un tenon à faces planes. La fig. 2 est semblable à la fig. 1re, excepté que les raccordements mâle et femelle réunis forment un prisme dans lequel sont noyés, d'un côté, la tête du boulon, de l'autre, le bout taraudé de ce boulon; de cette manière l'on évite l'écrou dont l'effet, dans le sondage, est de détériorer les parois des tuyaux de garantie, ou de dégrader les parois du trou de sonde. Quelques sondeurs continuent à employer les tiges à enfourchements, quoiqu'elles aient, pour les faire rejeter, plusieurs inconvénients, surtout pour le système de forage par

percussion. Après quelques mois de service à des profondeurs un peu considérables, les emmanchements prennent du jeu, les trous des boulons s'ovalisent, ceux-ci se coupent et tombent, en laissant la sonde disjointe.

Il est des circonstances où la sonde à enfourchement rend de très grands services, pour la réparation de certains accidents, pour l'agrandissement des trous de sonde dans certains terrains, parce que, avec elle, on peut faire mouvoir ses instruments à droite et à gauche indifféremment; mais ces cas sont si rares et les outils de diverses formes pouvant être construits de manière à s'appliquer à la sonde à emmanchement fileté, j'ai mis définitivement de côté les tiges à enfourchement pour n'employer que des tiges à vis.

Je divise mes tiges en six catégories pour les approprier distinctement aux sondages de différentes profondeurs; les plus petites suffisent le plus souvent à l'industrie des chemins de fer, à l'agriculture et à l'archéologie. Je donne ci-après un tableau comparatif de la grosseur des emmanchements de ces différentes tiges, ainsi que du fer qui les compose.

Nos d'ordre.	Grosseur du pas de vis.	Hauteur du pas de vis.	Hauteur totale du pas de vis.	Côté de la tige.
1	0,056	0,006	0,086	0,045
2	0,049	0,005	0,085	0,042
3	0,048	0,005	0,085	0,037
4	0,040	0,005	0,085	0,033
5	0,036	0,004	0,066	0,031
6	0,029	0,004	0,055	0,028

La sonde à tiges rigides, pour une profondeur quelconque, est mue par rotation ou par percussion suivant les terrains à traverser ; quelques sondeurs n'adoptent que le premier mode ; quelle que

soit la dureté des roches, je doute qu'ils y trouvent avantage, et mon incrédulité peut s'expliquer aisément par un exemple fort simple ; les aciers et les fers trempés se polissent et s'usent sur des meules qui ne sont autre chose en général que des roches grésiformes siliceuses, les pièces que l'on présente à la meule s'usent d'autant plus vite que le mouvement de celle-ci est plus rapide, et, réciproquement, la meule qui ne produit pas d'effet sans dépense, s'use aussi dans les mêmes conditions. La dépense qu'elle fait de sa propre matière est souvent en rapport avec celle qu'elle produit sur les pièces qu'on lui oppose. Ce qui se passe dans l'action d'un outil supportant plusieurs milliers de kilogrammes de tiges de fer sur une roche siliceuse, n'est sans doute pas tout à fait identique à ce que j'ai dit de l'action d'une meule sur le métal, parce que cet énorme poids fait que l'instrument strie la roche et en détache des éclats en tournant ; mais si cependant cette roche est à grains très fins, siliceux, réunis par un ciment dur, et il s'en rencontre beaucoup de semblables, elle se détachera sur l'outil en bien petits fragments, et il faudra sans doute bien des fois renouveler les mèches de différentes formes pour en achever le percement.

Indépendamment des roches dures siliceuses qui doivent ne se traverser qu'avec beaucoup de temps, par rotation, il est des sables que l'on ne saurait vaincre par ce mode ; quoique cela paraisse étrange, je puis affirmer qu'il est des sables secs quartzeux qui ne viennent dans aucune tarière de quelque forme qu'elle soit, dans aucune soupape, qu'elle soit sphérique et rodée à l'émeri, plate ou lenticulaire et chargée d'un fort poids ; avec tous ces instruments l'on ne pénètre ces sables que de quelques centimètres, et l'instrument ne ramène même pas tout ce qu'il a pris ; que l'on remplace au contraire la tarière ou le tuyau à soupape par un simple trépan, en jetant quelques boulettes de glaise comme on le faisait précédemment, et en un jour l'on descendera de plusieurs mètres dans les mêmes sables.

Je reste convaincu que le seul moyen d'entamer énergique-

ment la plus grande partie des terrains, c'est la percussion dont je signalerai tout-à-l'heure les inconvénients, et les moyens plus ou moins parfaits avec lesquels on y obvie. Auparavant, je vais indiquer les différents modes qui servent à produire la chute des trépans sur les roches ou autres formations.

La plus ancienne et en même temps la plus mauvaise machine dont je me sois servi, se composait (fig. 4, pl. 5) d'un engrenage simple, mû par deux manivelles, dont la roue engrenait avec une crémaillère de 2 à 3 mètres de hauteur, retenue, comme mesure de sûreté, par le câble passant sur une poulie, et portant à son extrémité inférieure un emmanchement auquel s'adaptait la sonde entière terminée par l'outil broyeur, trépan, casse-pierres, etc. Le pignon n'était denté que sur une partie de sa circonférence, de sorte que, lorsque la sonde étant soulevée au moment où le pignon présentait à la roue sa partie lisse, elle retombait de tout son poids sur la roche. La crémaillère se mouvait rectilignement sur deux galets adaptés sur le derrière de la cage de la machine; mais la roue et le pignon n'en éprouvaient pas moins de nombreux et violents chocs qui, à chaque instant, amenaient la rupture des dents, et par suite la suspension des travaux pour faire la réparation que la machine désorganisée demandait.

Un autre moyen moins dangereux que le précédent, mais moins énergique, consistait (fig. 2, pl. 5) en un grand levier BD*eff*, retenu au point B dans une potence A, et posé en D sur un tréteau *c*; la sonde s'adaptait en *e* au moyen d'une chappe à chevillette G, et les ouvriers appliquaient leur force en *f*, *f*, etc., sur des bâtons transversaux. Le point d'appui D était déterminé, par expérience, de manière à ce que l'élasticité de la partie D*e* fût capable de soulever le poids de la sonde entière, et que les hommes la fissent retomber, en n'ayant à vaincre que l'élasticité dont je viens de parler. Mais il s'en fallait de beaucoup que le choc fût égal à celui dû à la pesanteur proprement dite, la vitesse était loin d'atteindre celle qu'aurait produite en d'autres cas la hauteur de

chute; le peu de résultats que j'obtenais dans ce système me l'a fait rejeter; j'ai souvent préféré employer la simple tirande (fig. 1, pl. 5), avec laquelle j'obtiens un choc dont l'effet utile est dû au poids de la sonde diminué du travail de la partie entraînée BA. Je reviens à ce mode simple pour de petites profondeurs, et lorsque je n'ai pas sur les lieux des machines ordinaires plus commodes.

Dans les trois modes suivants (fig. 5, 6 et 7, pl. 5), l'on emploie le treuil pour battre, c'est-à-dire pour la percussion: *a* (fig. 5) est le pignon, *bb* la grande roue, C son tambour, sur lequel s'enroule et se fixe par un crochet le câble de la chèvre, retenant la sonde par son autre extrémité; à côté de ce cordage, l'on attache aussi un bout de corde qui se déroule lorsque le premier s'enroule et enlève la sonde; l'extrémité de cette corde est fixée en D, et est distendue lorsque la sonde est enlevée; lorsque l'on débraie le pignon, le câble entraîné par la sonde se déroule, tandis que sa corde ou retraite s'enroule de son côté, et évite le dévidement complet du cordage; la retraite éprouve un choc en vertu duquel elle rappelle le tambour en sens contraire de la chute, et oblige le cordage à s'enrouler seul; là il y a un point d'arrêt dont on profite pour embrayer, et ainsi de suite.

Cette manière de battre a l'inconvénient d'être fort lente, et d'user beaucoup de cordages et d'engrenages.

La figure 6 indique un mode analogue au précédent, et dont je me sers encore quelquefois pour des cas où il est nécessaire d'élever irrégulièrement la sonde, lorsque, par exemple, à une profondeur de 20 à 30 mètres, l'on élargit le trou de sonde, ou que forant au diamètre ordinaire, on laisse des cornes aux parois; comme il faut alors élever le trépan ou l'élargisseur de $0^m,50$ ou $0^m,60$ au-dessus du fond, et que cette hauteur de chute amènerait infailliblement la rupture de l'outil, si l'on abandonnait la sonde à sa pesanteur, on y obvie au moyen du cordage D (fig. 6) qui fait deux ou trois fois le tour du tambour et s'adapte à la queue du levier

de sonnerie ; un homme placé en D retient, en tirant le cordage, enlève la sonde, la laisse retomber de la quantité nécessaire, et la tient même au-dessus du fond quand cela est utile. On use avec ce système de percussion beaucoup de cordages, quand surtout, après chaque choc, la sonde ne porte pas à fond ; l'on peut les remplacer par une chaîne de 0^m,015 à 0^m,018 pour une profondeur de 150 à 200 mètres et au-delà, en disposant le levier de la chèvre de manière à ce que la puissance reste la même ; la chaîne s'use aussi promptement par le frottement qu'elle éprouve sur un tambour en fonte ou sur un tambour en bois, garni de bandes de tôle ; le moyen le plus économique d'utiliser la chaîne, c'est de la faire glisser sur le bois ; l'on dispose à cet effet une partie du tambour, de manière à recevoir deux demi-couronnes en bois d'orme ou autre bois plus dur encore, que l'on remplace lorsqu'elles sont usées.

La sonnerie, ou batterie au déclic (fig. 7, même planche), n'est plus en usage dans mes ateliers, parce qu'elle donne souvent lieu à la rupture des tiges. Le câble, passant dans la poulie de chasse et s'enroulant sur le tambour du treuil, s'attache à une esse dans la boucle de laquelle passe l'anneau de la chappe du déclic ou petit levier *efg ;* la partie courbe *fe*, formant le petit bras, passe dans l'anneau de la tête de sonde ; à l'aide du treuil l'on élève la sonde de la quantité voulue, puis on l'abandonne à son poids et à toutes ses oscillations, en tirant sur la corde *h* pour faire sortir le crochet *ef* de l'anneau de la tête de sonde, dans lequel on le replace de nouveau en faisant tourner le treuil en sens contraire, pour laisser descendre le câble et le déclic qui y est attaché.

SONNERIE A LA CAME. (Fig. 8, 9 et 10, pl. 5.)

Pour une sonnerie régulière sur des roches dures, une came à 2 ou 3 dents, ou mieux encore une roue à galets faisant abaisser une basculo qui communique son mouvement alternatif à la

sonde, est ce que j'emploie de plus convenable. Comme ce mode de sonnerie sera détaillé plus loin, je me contenterai ici d'indiquer le moyen théorique de tracer la forme que doivent avoir les cames ou le bec de la bascule si l'on emploie une roue à galets.

(Fig. 9.) Soient A*c'* le rayon du cercle décrit par la bascule K*r* (fig. 8), destinée à être mise en mouvement non par une roue à galets, comme l'indique la figure, mais par une roue à came (fig. 10), dans lequel cas la bascule en *l* est munie d'un galet qui roule sous les cames; C' le rayon du cercle C' D (fig. 10), où les courbes des cames doivent commencer. Si l'on suppose que le grand cercle roule sur le petit, et toujours dans le même plan, le point de tangence *c'*, ou grand cercle, décrira dans ce mouvement une épicycloïde plane *o'* N, qui est la courbe cherchée de la came. Pour construire cette courbe, on divise une partie du grand cercle en petits éléments; lesquels s'appliqueront sur le petit cercle en *c'i*, *ij*, *j k*, etc. Les différentes positions du cercle correspondantes au point de tangence *ijk*, sont R S, R' S', R'' S''. Pour obtenir le premier point de la courbe, je porte un élément de *i* en *q* sur le premier arc de cercle; pour le second point, je porte, à partir du second point de tangence *j*, 2 éléments sur le second arc de cercle; pour un troisième, 3 éléments de K en N, qui est l'extrémité de la dent, d'après sa distance N au centre D, qu'on s'est donnée d'avance. Si le cercle dans lequel sont comprises les cames doit être plus grand, l'on continue de chercher la courbe comme je viens de l'indiquer. La courbe opposée est quelconque; de N en N' l'on conserve l'arc de cercle; l'on pourrait continuer jusqu'en N' la courbe N N, que l'on peut tracer suivant l'arc que décrit le galet de la bascule.

Comme on le voit, fig. 10, les trois cames font une seule pièce avec une couronne en fonte dans laquelle passe l'arbre du tambour en D, et dont la partie A reçoit le tambour lui-même s'il est en bois; si c'est un tambour en fonte que l'on emploie, l'on évite cette partie et l'on fixe les cames contre l'embase du tambour.

Si c'est une roue à galets qui met en mouvement la bascule, celle-ci doit affecter la forme de la même courbe que celle des cames, un épicycloïde plane. Pour construire cette dernière, je suppose que le galet soit réduit à une ligne mathématique; soit alors $c'c$ (fig. 9) le rayon du cercle sous lequel il se trouve, et Ac' le rayon de celui que décrit le point de la bascule qui est tangent au galet lorsque sa bascule est horizontale; enfin le rayon du cercle primitif. Le petit cercle, en roulant sur le grand, occupe les différents points de tangence c', d, e, f, g, B; pour obtenir le premier point de la courbe, je porte sur le premier cercle tangent en d une distance égale à l'élément dc', pour le second à partir de l, et sur le second deux éléments pour obtenir le point o, et enfin cinq éléments de B en M sur le cinquième cercle pour obtenir le point M; la longueur de la courbe est exagérée dans la figure; en pratique on la trace suivant toute l'épaisseur du fer de la bascule, sauf à la couper à la longueur voulue.

SONNERIE AU DÉBRAYAGE. (Fig. 11 et 12, pl. 5.)

C'est par ce mode de percussion dans les terrains tendres que j'ai remplacé les cordages dans les systèmes fig. 5 et 6. Soit a et b (fig. 11) la roue et le pignon ou treuil, dont c est le tambour; à son extrémité est une frette folle en fonte DD′ (fig. 12), munie d'un tour d'hélice en saillie EE′, et à l'autre bout d'une mortaise lm, traversée par un bouton vissé dans la fonte; cette frette est percée dans toute sa longueur, pour qu'elle soit légère, de six ouvertures destinées à recevoir les dents d'un manchon de débrayage établi à côté de la frette, et mobile sur deux nervures. Le levier qui le met en mouvement est fixé dans une chappe posée sur les bâtis du treuil.

Dans l'espace que laisse le tour d'hélice EE′, dont le but est de faciliter l'enroulement d'une chaîne-gall, est fixée celle-ci au moyen de deux boulons implantés dans le plein de la fonte que laissent entre eux deux vides consécutifs PP; l'extrémité de la

chaîne-gall s'adapte par un crochet à la tringle de derrière du levier à battre.

Lorsque l'on installe la chaîne pour commencer le travail, on en laisse un demi-tour environ sur la frette, et l'on embraye le manchon au moyen du levier *f*G (fig. 11), que le chef sondeur manœuvre en tenant son manche, étant au trou de sonde, au moyen d'une corde qu'il tient par une boucle *h*. Quand la sonde est suffisamment élevée il tire le levier à lui pour débrayer le manchon, la sonde alors tombe en déroulant la chaîne; pendant la chute, l'on a soin de tenir le manchon débrayé; après le choc on abandonne le levier à un contre-poids qui l'attire à l'aide d'une corde passant sur une poulie, et attachée aussi en G, pour l'embrayer de nouveau.

Lorsque la sonde tombe, elle entraîne la chaîne de toute la quantité dont celle-ci s'est enroulée, plus le demi-tour qu'on en a laissé sur sa frette; la frette continuerait son mouvement en attirant la chaîne en sens contraire, si un second contre-poids de 25 kilog. ne s'y opposait; dans l'entaille *lm* (fig. 12) est logé l'œil d'une courroie double en fort cuir, retenue, par le boulon qui la traverse, à l'état de repos; cette courroie est aussi enroulée d'un demi-tour sur la frette, et disposée de manière à s'enrouler lorsque la chaîne se déroule, et réciproquement. La courroie a 2 mètres de longueur seulement, est allongée par une corde passant sur une petite poulie, et tendue par un contre-poids de 20 à 25 kilog. Lorsqu'après chaque choc la chaîne tend à se dérouler au-delà du demi-tour laissé en réserve et à ébranler son point de fixation à la frette, le contre-poids s'oppose à cet inconvénient, en rappelant la frette dans le sens contraire.

Ce mode de percussion est applicable principalement dans les couches tendres ou de moyenne dureté, dans des sondages de 100 à 200 mètres pour lesquels la sonde doit être élevée dans les limites de 0m,12 à 0m,60 ou 1 mètre, et quelquefois 1m,50; pour les roches dures, où la hauteur de chute est peu considérable et

les chocs aussi nombreux que possible, la roue à came et à galets est préférable; l'on frappe avec celle-ci, à l'aide d'une machine à vapeur, 50 à 60 coups par minute.

Mes derniers treuils portent ensemble les deux systèmes : la roue à came et le débrayage, de manière à ce que le conducteur soit toujours maître de modifier son mode de percussion, suivant la nature des formations à traverser.

L'emploi d'une machine à vapeur n'est avantageux qu'autant que la main-d'œuvre est diminuée pour la percussion et l'enlèvement de la sonde; la transmission du mouvement de la machine à vapeur à la sonde, dans ces deux cas, a lieu par les treuils ordinaires de grandes dimensions; mais quelque simples que soient les modifications à apporter à ces derniers pour mettre à profit toute l'action de la machine, les dépenses qui en résultent sont assez élevées, et je ne les fais que pour des sondages importants et de longue durée.

S'il ne s'agissait que du mouvement de percussion, l'ensemble de la machine serait moins compliqué; sans axe de rotation, sans came ou sans débrayage, elle se réduit à un simple cylindre à vapeur (fig. 13, pl. 5) dont la tige du piston en *f* est fixée à la tringle en levier de la sonnerie, ou bien à la chaîne de la chèvre, tandis que la sonde est attachée, comme dans les cas précédents, au bec du levier ou à l'autre extrémité de la chaîne; un robinet à quatre ouvertures introduit de la vapeur sur le piston du cylindre, et la sonde est élevée d'une hauteur qu'on limite à volonté en bouchant le tuyau d'arrivée, au moyen d'une manivelle C D appliquée au robinet; au même instant l'ouverture opposée au robinet se présente au tuyau vertical de sortie, et la sonde retombe de tout son poids sur le terrain; le piston à employer à cet effet doit être plus long que d'ordinaire proportionnellement à son diamètre, afin que la course de la sonde puisse être portée à son maximum sans nécessiter, pour les petites profondeurs, un levier dont le grand bras serait de son côté, au lieu d'être du côté de la puissance.

Ainsi, du sol à 100^m, la hauteur à laquelle on élève la sonde est de 1^m à 0,50 dans les couches tendres; souvent, près du sol, cette hauteur, au lieu d'être de 1^m, est de 1^m,50; il est bon pour la rapidité du mouvement, et pour ne perdre aucun temps en équipements de levier, que la machine soit assez forte pour produire cette hauteur de chute, directement et environ 50 fois par minute; un cylindre de 5 chevaux donnerait à peu près ce résultat pour une sonde de 100^m; au delà, l'on serait obligé d'avoir recours au levier *npr*, avec lequel, du reste, on obtiendrait un résultat proportionnellement égal au premier, attendu que le poids moteur augmentant, sa hauteur de chute doit diminuer.

On donne encore de la longueur au cylindre pour éviter les chocs de piston, et pour cela on pratique en *a* une ouverture qui se trouve à la limite de sa course, et par laquelle s'échappe une partie de la vapeur, en attendant que l'autre remonte par le tuyau de sortie, lorsqu'instantanément le robinet lui en livrera le passage. Je n'indique ce système comme applicable avec économie que dans quelques cas exceptionnels; il est clair que si j'utilise la vapeur pour mon compte, je ne me borne pas à l'appliquer au mouvement de percussion de la sonde, mais de manière à me passer de manœuvres pour le relèvement en même temps que pour battre; tandis qu'un simple cylindre qui, pendant la percussion, ne nécessite qu'un homme au robinet et un second au manche de la sonde, ne supprime pas les manœuvres nécessaires pour enlever et descendre la sonde. Le cas d'application du cylindre se présente lorsque les travaux ont lieu dans une usine, qui peut de temps à autre disposer d'une faible partie de la vapeur qu'elle emploie, et lorsqu'en outre le sondage ne doit pas être de longue durée; si le propriétaire a admis le mode de traité à la journée, il trouvera toute économie à installer à peu de frais les pièces dont il est question, puisque le nombre de coups de sonde donnés dans celui-ci et dans le train ordinaire, sont entre eux comme 50 ou 60 sont à 15 ou à 20.

Si le propriétaire met à ma disposition une partie du moteur de

son usine, et qu'il installe à ses frais la transmission du mouvement de la sonde, je lui tiens compte de l'économie de main-d'œuvre qui en résulte ; mais je ne puis faire pour mon compte les frais de ladite transmission, parce que le plus souvent les différentes pièces du mécanisme ne peuvent être utilisées ailleurs, et deviennent pour moi de la ferraille.

Lorsque les sondages sont très profonds, le poids des tiges s'oppose à ce que la sonde puisse agir par percussion, et il n'y a cependant pas d'autre moyen de percer les roches dures : la sonde alors court le risque de se briser fréquemment. En outre, pour agir par percussion, la sonde élevée de $0^m,08$ à $0^m,10$, et abandonnée dans sa chute, éprouve un mouvement de trépidation entre chaque choc, qui la fouette violemment contre les parois du sondage ; ce mouvement de trépidation, répété douze à quinze mille fois en une journée et pendant plusieurs mois, amène la détérioration des tuyaux de retenue, et si le sondage n'est pas tubé, ovalise le trou dans les parties tendres en donnant lieu à des éboulements dont les fragments font parfois coin sur l'outil, de telle manière que la sonde se brise par les efforts nécessaires à son retrait.

M. d'Œynhausen, conseiller des mines en Prusse, a remédié à ces inconvénients, en articulant la sonde en une certaine partie de sa longueur, à l'aide d'une coulisse dans laquelle passe toute la partie supérieure sans coopérer à l'effet produit, et n'ayant d'autre fonction utile que le relèvement de la partie inférieure ; la première partie est équilibrée par l'élasticité d'un levier analogue à celui de la fig. 2, pl. 5, que j'ai remplacé par un levier-romaine, avec lequel je dégage aussi le poids moteur de toute la partie fouettante de la sonde, placée sur la coulisse qui devient sans mouvement oscillatoire ; mais un inconvénient que je signalerai tout à l'heure m'a porté à chercher un autre système.

SYSTÈME PRUSSIEN. SONDAGE A LA COULISSE DE ŒYNHAUSEN.

Dans ce système l'on a pour but de séparer le poids moteur qui

se compose du trépan et des 6 ou 8 tiges de fer qui le surmontent, du reste de la sonde, que l'on fait aussi légère que possible, et, pour cela, quelquefois en bois ; ces deux parties de sonde sont séparées par la coulisse *t* X, fig. 8, dont voici le détail ; une tige carrée de 3 à 4 centimètres de côté munie d'une embase, et plus haut, d'un emmanchement ordinaire qui s'adapte à la sonde, descend et monte dans une coulisse Y, où elle est prisonnière par deux pièces clouées sur ces deux faces extérieures ; c'est sur ces deux pièces que repose toute la sonde inférieure, lesquelles viennent toucher le fond de la coulisse, en même temps que l'embase V se met en contact avec sa frette Z ; c'est pour cet instrument ainsi que pour les tiges en bois ferré, que j'ai pris en 1841 un brevet d'importation et de perfectionnement ; j'ai substitué à la pièce élastique de M. d'Œynhausen le levier-romaine B A *c*, dont le but est d'équilibrer toute la partie de sonde en bois, supérieure à la coulisse. La sonde ainsi organisée est mise en mouvement par mes machines ordinaires.

A l'extrémité du levier B A *c* mobile en A sur un fort tréteau, et ayant son extrémité dans une potence traversée par un boulon o, sur lequel repose le levier quand il ne fonctionne pas, est un plateau P suspendu par deux anses, et dans lequel on met autant de poids qu'il en faut pour équilibrer la partie surmontant la coulisse, de manière à ce que le poids d'un homme puisse la faire descendre ; dans cet état de choses, la coulisse est au haut de sa course et bute sous l'embase Z, mais très légèrement ; le bec du levier est ferré et traversé par un boulon qui s'oppose à la sortie de la tige de la rainure dans laquelle elle se meut en même temps que le levier ; au-dessous du levier la tige porte un anneau tournant qui permet de tourner la sonde, sans entraîner le moraillon *d*, dont le frottement sur le levier opposerait à ce mouvement une forte résistance ; enfin la tête de sonde est unie au levier par les moyens ordinaires, et celui-ci est mis en mouvement par une roue à galets ou à cames, entraînant une bascule *j* K, liée au levier par une tringle G *b*, terminée par une chappe percée de trous très rappro-

chés qui se rapportent indistinctement avec ceux d'une pièce plate fixée en *j*, et que parcourt la chappe selon que la descente de la sonde le demande. Un boulon à clavette unit la chappe au mâle; la bascule est mobile en K dans une chappe en fonte, solidement fixée contre une pièce *l* M soutenue par une jambe de force N.

La roue à engrenages est mise en mouvement par un pignon seulement, que je n'ai pas indiqué; 4 ou 6 galets sont fixés entre son plan et celui d'une couronne analogue à une roue sans dents; chaque fois qu'un de ces galets sort du cercle décrit par l'extrémité de la bascule *j* K, celle-ci se relève entraînée par le levier *e*G placé dans la chèvre, et sollicité lui-même par le poids de la sonde inférieure à la coulisse; la partie supérieure n'a aucune action sur lui, puisqu'elle est équilibrée par le levier B A *c*; après le choc, celui-ci se relève en vertu de la force vive dont l'anime le poids moteur au-delà de sa position d'équilibre, et la tige de la coulisse parcourt l'espace vertical X qu'on lui a ménagé, sans cependant toucher au fond; l'on conçoit que, de cette manière, toute la partie supérieure de la sonde n'éprouvant aucun choc, n'est sujette à aucune oscillation; la partie inférieure seule subit cet inconvénient qui est presque nul en raison du peu d'espace qu'elle occupe.

Un mot à présent sur les inconvénients de ce système : lorsque la sonde continue est abandonnée à son poids sans aucune retenue, l'effet utile qu'elle produit se mesure par son poids multiplié par la hauteur de chute; le travail dont elle est capable est alors le plus grand possible, et est égal à toute sa masse multipliée par la moitié du carré de sa vitesse, ou en d'autres termes à la demi-force vive qu'elle a acquise dans le mouvement que lui imprime sa chute.

Lorsque au contraire une partie de son poids est équilibré, qu'arrive-t-il? Que la partie restante ne tombe pas en vertu de la gravité, car si cette équilibration diminue le poids moteur de 3/5,

par exemple, elle ne produit pas l'effet de la suppression de cette même quantité des 3/5, en laissant le reste abandonné à sa gravité. Il est évident que, dans ces deux cas, la vitesse avec la hauteur de chute, de même que celle des corps pesants et légers, serait la même. Dès qu'un poids, quelque considérable qu'il soit, est obligé de produire dans sa chute un certain travail, il est clair que sa vitesse diminue, qu'elle n'est plus celle du mouvement uniformément accéléré, et qu'enfin le travail auquel est destiné lui-même ce poids se trouve altéré. L'on peut donc dire que l'effet produit sera d'autant plus grand, que le poids équilibrant sera plus léger; ce qui amène à la nécessité de n'employer que des tiges extrêmement légères pour toute la partie équilibrée. C'est aussi pour ce motif que les tiges de bois ont été employées par M. Biwer dans le sondage de Cessengen, dirigé par M. Kind, qui lui en a communiqué l'idée; mais quelles que soient les précautions que l'on prenne avec ces tiges, elles se rompent souvent aux efforts de traction; la force vive du poids P équilibrant, lorsque après le choc il fait toucher brusquement la coulisse au haut de sa course, suffit pour amener cette rupture.

Indépendamment de la cause de diminution apportée dans l'effet utile par l'entraînement du poids P dans la chute de la sonde motrice, les sondes en bois viennent, par leur forme, en ajouter d'autres. Ces sondes sont en effet assemblées à la manière des tiges à vis ordinaires; le bois qui les compose entre chaque emmanchement, exige, pour un peu de solidité, un diamètre de 0^m,9 à 0^m,10; la différence de grosseur de l'emmanchement et du bois produit donc une couronne jaillissante qui est un véritable parachute opposant son action à la sonde motrice; ces surfaces résistantes, au nombre de 20 à 50, selon la profondeur du sondage, sont une cause très notable de la déperdition du choc, indépendamment du frottement qu'elles exercent contre les parois par leur défaut de rectitude.

Je disais plus haut que le choc produit par la coulisse arrivant

au haut de sa course, pouvait rompre les tiges, ou plutôt les détacher de leurs emmanchements ; l'on objectera qu'en équilibrant convenablement la sonde supérieure, l'on évitera cet inconvénient ; mais les ruptures n'en seront pas moins fréquentes dans un terrain où le trépan se pince parmi les débris ou dans des fissures ; un autre inconvénient des tiges de bois faibles, c'est de ne pouvoir supporter aucun effort de traction, et cependant, pendant le forage, l'on a toujours à en faire. Leur avantage est que si la sonde échappe quand on la remonte, soit par la rupture de la chaîne ou de la griffe de retenue, elles amoindrissent la vitesse de la chute et empêchent ainsi le brisement de la sonde ; tandis que, avec les tiges rigides, des cas multipliés de rupture forment un faisceau de tiges à la base du sondage, et rendent la réparation de ces accidents longue et dispendieuse. Nous indiquerons plus loin la forme des lanternes et parachutes que nous avons employés pour parer à ce sinistre dans les sondages profonds et d'un grand diamètre.

Dans un terrain homogène, il vaut mieux surmonter la coulisse d'une sonde en fer très légère de $0^m,025$ à $0^m,030$ de côté ; les efforts de tension ne sont guère plus grands à faire avec les tiges de $0^m,025$, par exemple, qu'avec les tiges de bois ; mais on a au moins la faculté de dégager son outil lorsqu'il est pris au fond. C'est ce que j'ai fait et ce dont je me suis bien trouvé.

Mes tiges de bois ont 7 mètres de longueur (fig. 13 et 14, pl. 1), et sont applicables avec la coulisse dans des terrains durs et homogènes, pour le percement desquels il faut continuellement battre ; mais elles le sont mieux pour des sondages peu profonds, en les adaptant à 2 ou 3 tiges lourdes en fer pour la partie inférieure de la sonde.

Ces tiges se réunissent par des emmanchements à vis ordinaires de troisième grosseur. L'emmanchement A B C D porte une partie cylindrique B C, terminée par une queue C D entrant dans la tige fendue pour la recevoir, un fourreau de tôle *ffff* recouvre le

tout, en se repliant sur l'épaulement de la partie cylindrique, et consolide l'emmanchement au moyen de boulons, de rivures transversales; deux frettes *hh*, posées dans la longueur de la tige, ménagent l'usure du bois.

Les tiges de bois de M. Kind (fig. 15) sont beaucoup plus légères que les miennes; leur assemblage se fait par deux femelles *a b ba* réunies par une petite tringle D à deux mâles. Un fourreau conique en tôle recouvre le bois et le dépasse jusqu'à l'épaulement ménagé sur la femelle ; la tige est fendue en *a* C pour recevoir un coin de bois que l'on chasse avec la femelle, et qui fait prendre aux deux parties de bois séparées la forme du fourreau conique en tôle, de manière à ce qu'il n'en puisse plus sortir ; la femelle est unie au fourreau par une simple goupille ou clavette ; le fourreau tient au bois seulement par la connexité dont je viens de parler ; ces tiges de bois n'ont que 4 à 5 c. de côté, et leur constructeur veut en avoir de plus faibles encore, prétendant que, dans toutes espèces de terrains, la percussion est le seul mode de travail à employer, et que, pour cette raison, les tiges supérieures doivent être aussi faibles que possible. M. Kind prétend avoir trouvé le moyen de produire la chute libre de sa tige motrice, c'est-à-dire de la faire tomber sans lui faire entraîner toute la sonde qui la surmonte; c'est là véritablement une grande découverte en sondage pour les grandes profondeurs : j'avoue que j'ai souvent cherché à résoudre ce problème et que je n'y suis pas encore parvenu, du moins, d'une manière satisfaisante.

Pour remédier à une partie des inconvénients que j'ai reconnus dans l'emploi des tiges en bois, et en conserver les avantages, je fais en ce moment des tiges en bois de $0^{m},07$, que je place de force dans un fourreau de tôle qui se relie aux emmanchements de fer, et avec ces tiges employées dans les sondages généralement pleins d'eau, j'aurai 5 kilogr. de poids par mètre de sonde, au lieu de 13 kilogr., ce qui me fera une grande différence de force nécessaire pour le relèvement journalier de

ma sonde ; avec les tiges de bois dans un fourreau continu de fer je pourrai battre et roder.

SONDAGES DE GRANDS DIAMÈTRES.

Tiges en bois — Tiges ordinaires dans des tubes en bois.

Pour des puits d'aérage ou pour d'autres sondages à grands diamètres, j'emploie des tiges en bois ; mais alors, pour obtenir toute la résistance dont on a besoin avec de pareilles dimensions, je me sers d'arbres en sapin ou en chêne, de $0^m,25$ c. de diamètre, que j'assemble solidement au moyen de sabots boulonnés, et portant des emmanchements à vis ; la sonde en bois ferré ainsi composée, se termine par quelques tiges en fer de $0^m,6$ à 7 c. de côté, dont le poids est indispensable pour produire le choc voulu, attendu qu'en sapin, la sonde, y compris ses ferrements, serait, en vertu de son peu de pesanteur spécifique, chassée de bas en haut par une force équivalant environ aux 0,30 de son propre poids ; quant au chêne ferré sans tiges lourdes à la partie inférieure, il serait à peu près en équilibre dans la colonne d'eau du sondage. Pour traverser sur un grand diamètre des terrains difficiles, sujets à éboulements, l'on peut encore, quoique les tiges en bois dont je viens de parler soient fort solides, combiner une sonde ordinaire à vis avec une colonne en bois, laissant dans le trou de sonde un espace annulaire de 3 à 4 c. (fig. 16, pl. 1). Les différents bouts de colonne sont égaux en longueur aux tiges qu'ils renferment, de manière à ce que leurs lignes de jonction et celles des emmanchements des tiges se trouvent sur le même plan ; les emmanchements mâles et femelles des tiges sont fixés aux bouts de tubes en bois par des clavettes rivées ; l'espace que laisse la tige dans le tube est rempli par des tringles en sapin. Ce mode de sonde a l'avantage d'éviter aussi toute oscillation, et de diminuer des 2/5 ou de la moitié, dans de grands diamètres, le poids absolu de la sonde en fer.

J'ai employé aussi des tiges en fer creux pour lesquelles j'ai pris

un brevet en 1841 (fig. 12), ces tiges s'assemblent au moyen d'emmanchements à vis, semblables à ceux des tiges ordinaires, et qui sont fixés aux tiges creuses par leurs parties cylindriques, pénétrant assez dans les tubes pour y recevoir deux fortes clavettes rivées qui réunissent le tout; les autres parties cylindriques sont brasées dans les tubes de manière à éviter l'entrée de l'eau dans ceux-ci. Mais je m'empresse de dire maintenant que, quel que soit le moyen que l'on emploiera pour assembler ces tiges creuses entre elles, on ne s'opposera pas à leur pénétration complète par l'eau; à 100 mètres de profondeur seulement, les tiges inférieures supporteront environ une pression de 9 atmosphères, déduction faite de l'air qu'elles renferment; les chocs, la torsion occasionneront des fuites dans la ligne longitudinale de la brasure; mais quand même cette brasure serait pour toujours impénétrable, quand, d'un autre côté, les bouts de colonnes seraient assemblés avec des frettes à vis closes, l'eau ne s'introduirait pas moins à la longue par les petits interstices que laisseraient ces frettes entre elles et les tubes, car les chocs ne tardent pas à altérer cette jonction, et la brasure du fer sur lui-même est souvent imparfaite; il faudrait, pour éviter l'entrée de l'eau par les frettes, que celles-ci fussent soudées aux tubes, ce qui nécessiterait un travail fort coûteux.

Pendant le mouvement de rotation, cette introduction de l'eau dans les tiges creuses se fait difficilement, ou même pas du tout si les ajustements sont exacts; mais c'est pendant la percussion qu'il est presque impossible de l'éviter; voici un exemple qui le prouvera. Les emmanchements des tiges ordinaires portent 7 à 8 filets bien serrés; le mâle et la femelle sont en contact parfait, et cependant l'eau s'introduit entre les filets; et si le tenon laissait un espace de 1 centimètre dans le fond de la boîte, cet espace se remplirait d'eau : j'en ai fait l'essai; on n'a qu'à dévisser une sonde sortant de l'eau pour s'en convaincre. Lorsque les emmanchements les plus serrés cèdent sous l'effort de deux tourne-à-gauche, l'eau qu'ils contiennent s'échappe au loin sous forme de jet.

J'ai pris le parti, pour profiter de mes tiges creuses avec avantage, et pour rendre moins difficile l'exécution de celles que je ferai faire encore, de les remplir d'une perche en sapin à laquelle la tige creuse servira de fourreau.

La figure 11 termine l'exposé des différentes espèces de sondes; c'est aussi une sonde creuse s'adaptant à pas de vis; son diamètre intérieur est de 7 centimètres, celui extérieur est de 10. Cette sonde est appropriée à un nouveau système dont je parlerai quand nous en serons là.

SONDE FRANÇAISE DE LA COMPAGNIE FRÉMINVILLE.

Ce système a pour but de garantir les parois du sondage à mesure que la profondeur augmente; l'outil reste constamment à la base de la colonne de garantie qui descend avec lui, et, de cette manière, il n'y a plus d'éboulements à craindre; les ruptures ne peuvent non plus donner lieu à aucun accident compliqué, puisque les outils sont tous manœuvrés par une corde, et en même temps par la colonne protectrice elle-même.

Supposons que, dans un tuyau et sur ses parois, l'on fixe deux pièces triangulaires de $0^m,50$ de hauteur, et $0^m,01$ d'épaisseur, et dont la base soit égale à sa demi-circonférence; le sommet de ces pièces étant vers le haut, leurs bases se confondront avec celle du tuyau, et, entre chacune desdites pièces ainsi clouées contre la tôle de manière à en bien prendre la courbure, il existera, diamétralement opposés, deux vides de même forme triangulaire. Supposons, en outre, un cylindre en fonte de 1 mètre de hauteur, terminé par une tige à tourillon à laquelle s'attache la corde, et portant à sa base une tarière ou un trépan; ce mouton ou cylindre est muni de deux saillies triangulaires, ayant leur sommet dirigé vers le bas, et laissant entre elles deux vides qui sont tout à fait égaux aux deux pièces posées à la base du tube, de sorte que, quelle que soit la profondeur à laquelle soit descendu celui-

ci, le cylindre en fonte s'y fixera invariablement par l'enfourchement des saillies que je viens d'indiquer. S'agit-il de battre? Le cylindre est traversé par la tige de l'instrument broyeur, à laquelle la corde est attachée, et qui s'y meut verticalement dans une mortaise carrée, tandis que le mouvement de rotation lui est communiqué par le tuyau de garantie qui, comme nous venons de le voir, entraîne le cylindre. Lorsque la colonne a ainsi traversé plusieurs couches meubles à l'aide de tarières, de tuyaux-soupapes à nettoyer et de trépans pour casser les roches ou rognons dont sa base peut être embarrassée, et qu'elle arrive sur des couches compactes, l'on attaque celles-ci avec le mouton analogue à celui de MM. Jobard et Selligue, ci-devant décrit, en lui communiquant le mouvement soit en vertu de la simple torsion de la corde, soit en l'obligeant à tourner à droite ou à gauche au moyen du cylindre en fonte adapté à la colonne. Après avoir ainsi traversé 2 et 3 mètres, au diamètre intérieur de la colonne, il reste à agrandir le trou primitif pour conduire la colonne plus loin; voici de quelle manière l'on y procède : le cylindre en fonte joue, dans cette circonstance, un rôle fort ingénieux. Supposons ce cylindre fixé à la colonne au moyen de ses plaques et entailles triangulaires; à l'intérieur il est muni de 2 tiges se réunissant à un anneau fixé aux 2/3 à peu près de la hauteur du cylindre et descendant à sa base où elles sont armées de scies en acier; la tige qui traverse le cylindre en passant dans sa mortaise carrée ou ronde, cela est indifférent, pourvu qu'elle soit guidée d'autre part, pousse l'anneau et les lames à scie qui, glissant sur deux surfaces inclinées renfermées aussi dans le cylindre, s'écartent au diamètre demandé. Ainsi, à leur place on tourne la colonne qui, si elle est libre dans le trou de sonde, est tenue sur le plancher de manœuvre sur un collier à rouleaux, et l'on enlève la couronne de terrain qui fait face à la base de la colonne. Lorsque la distance de 2 à 3 mètres dont j'ai parlé est interceptée, l'on continue le forage avec le mouton ordinaire,

c'est-à-dire avec une masse pesante composée de 4 tiges réunies au sommet pour recevoir la corde dans un tourillon, et portant à sa base différents tranchants, et l'on élargit de nouveau le trou de sonde ; lorsque les terrains le permettent, l'on peut travailler par rotation, toujours avec le secours de la colonne, au diamètre extérieur de celle-ci, et l'on obtient par là un approfondissement bien plus rapide que dans le premier cas.

Lorsque les tuyaux refusent de descendre par leur propre poids, on les y contraint en les tournant, et en exerçant aussi sur eux une certaine pression, en même temps que les scies fonctionnent au-dessous de leur base.

Les outils sont enlevés par un treuil ordinaire ou un treuil à manége, à tambour vertical, autour duquel s'enroule la corde.

Le mouvement de percussion s'opère à la tiraude, c'est-à-dire au moyen d'une simple corde, à l'extrémité de laquelle des hommes exercent leur action, ou bien par une machine fort ingénieuse et très soignée dont je vais donner l'idée. Supposons (pl. 5, fig. 11) l'axe du tambour prolongé d'une certaine quantité au-delà du manchon de débrayage (se reporter à la description de la même figure à l'article précédent), le cercle en F de ce manchon est armé d'une petite tige dirigée suivant le rayon prolongé, et qui, en tournant, rencontre un plan incliné fixé au bâti de la machine, lequel attire, par la pression de la tige sur lui, le manchon au dehors des entailles à frette folle, et le fait enfin débrayer ; le plan incliné ne se termine pas brusquement, il se continue au contraire par une partie droite sur laquelle la tige du manchon se meut pendant un instant sans que celui-ci recule ou avance sur son axe. C'est pendant que le choc est produit, que les différentes pièces de la machine, qui ont acquis une certaine force vive, faible à la vérité, reviennent à l'état de repos ; immédiatement un ressort à boudin, enroulé autour de l'axe du système prolongé, pousse le manchon et l'embraie. Selon que l'on veut augmenter ou diminuer la hauteur de chute, la corde se bobine

sans doute sur des frettes de différents diamètres, c'est ce que je n'ai pas vérifié; il est encore possible que ladite frette ou cylindre sur lequel s'enroule la corde, soit d'un diamètre tel qu'elle suffise à la plus grande hauteur de chute, et que celle-ci soit modifiée ensuite au besoin par l'allongement ou le raccourcissement du plan incliné de débrayage. Ce dernier moyen doit être le plus commode en même temps qu'il est le plus rationnel.

Tout ce qui compose l'outillage de ce système est extrêmement soigné et ingénieux; les outils élargisseurs sont d'une composition difficile et habilement exécutés, les colonnes de garantie sont aussi bien confectionnées que solides. Toutefois, je dois faire connaître les inconvénients de ce système. Ils se réduisent à deux principaux qui sont la conséquence l'un de l'autre.

L'on se rappelle ce que j'ai dit plus haut de la force d'adhérence des terrains aux colonnes de garantie, et de l'obligation dans laquelle on est parfois de les abandonner dans le sondage, soit après son achèvement, soit lorsqu'il est encore en pleine exécution : ce fait incontestable démontre l'impossibilité de faire descendre, par rotation seulement, la colonne, principal agent du système de la sonde française, à une profondeur tant soit peu grande dans des couches non consistantes et collantes; si l'on fait un trou dans des argiles plastiques, par exemple, ce trou se rebouche immédiatement par le resserrement du terrain, ou, en d'autres circonstances, par le glissement ou la poussée; au Val-Fleury-sur-Seine, lors de la construction du viaduc, l'on enfonça dans les argiles, pour s'opposer à leur glissement sur le terrain crayeux et par suite à la destruction des travaux d'art, des pieux en chêne reliés les uns aux autres par des pièces solidement boulonnées; les argiles firent incliner tout l'appareil de cinq à six degrés; à la même époque, je faisais pratiquer des puisards dans cette localité pour assécher les argiles, en perdant dans le terrain crayeux les eaux qui les traversaient; il m'a fallu chasser mes tuyaux dans ces argiles à violents

coups de mouton; aurais-je pu tourner pendant deux minutes seulement une colonne dans un pareil terrain? J'en avais antérieurement fait en vain l'essai à plusieurs reprises, aussi je n'en ai pas réitéré l'épreuve. Les outils élargisseurs sont assez perfectionnés pour qu'en toute circonstance un trou de sonde puisse, au-dessous du tubage, être double du diamètre des cubes, et néanmoins, lorsque la base est libre, aucun coup de mouton ne peut faire baisser une colonne de retenue devenue adhérente aux terrains qui la pressent de toute part : de là, la nécessité de tubages successifs. Je ne multiplierai pas les exemples de terrains dans lesquels il me paraît impossible, quel que soit le vide que l'on pratique successivement avec les scies-élargisseurs, de pouvoir conduire bien loin, par rotation, une colonne de tuyaux. Le second inconvénient, et qui découle naturellement de ce qui précède, c'est que l'on est obligé de laisser à une profondeur peu avancée une première colonne de tuyaux, et de la remplacer par une seconde qui nécessite une nouvelle série d'instruments; mais ces derniers sont d'une difficulté d'exécution telle, qu'une petite colonne ne les reçoit pas, tandis que, d'un autre côté, les pièces dont les colonnes sont munies à leur base, pour la fixation des outils, diminuant beaucoup le diamètre, dans le passage d'une colonne à la suivante, il faut user ces pièces à l'aide d'une fraise, ou de tout autre moyen dépendant de la manière dont elles sont posées, afin de parvenir à les enlever. Cela n'est pas impossible; mais toujours est-il que, si l'on a déjà beaucoup de peine, à l'aide d'une sonde rigide, à pousser une colonne au mouton lorsqu'elle refuse de marcher seule ou par rotation, et cela, tout en élargissant convenablement le trou en dessous et en mettant la colonne en mouvement aussi souvent que possible, pour éviter la prompte adhérence des terrains à ses parois; et que, si l'on ne conserve pas toujours le diamètre voulu en fin de sondage, parce que l'on a été obligé de recourir à plusieurs colonnes qui diminuent chacune ce diamètre, il est bien plus difficile encore de parvenir à ce ré-

sultat avec ces mêmes colonnes, si leur mouvement est une nécessité pour l'opération du forage. Il est vrai, et sans doute on l'objectera, que l'on peut, lorsqu'une colonne ne marche plus par rotation, et qu'elle ne peut plus mettre en œuvre les instruments de forage, la considérer comme une simple colonne de garantie de notre système ordinaire, et la pousser au mouton en élargissant le trou comme précédemment; cela est rationnel en effet, mais l'exécution m'en paraît douteuse, car la colonne ne pouvant plus mettre en mouvement les scies-élargisseurs, l'on devra les faire fonctionner dans une colonne provisoire, et alors leur effet sera, il me semble, diminué de beaucoup; ou encore, l'on confiera à la corde la mise en œuvre d'instruments d'une construction différente, analogues à ceux du système de MM. Jobard et Selligue par exemple, dont l'efficacité n'a pas été suffisamment démontrée par les travaux exécutés dans des terrains différents.

M. Fréminville, pour mettre en activité ce système qui peut satisfaire à première vue, n'a reculé devant aucun sacrifice; il est impossible d'employer des tuyaux plus parfaitement confectionnés et des outils mieux forgés et mieux travaillés; ils ont bien fonctionné dans un terrain peu difficile, mais les tentatives faites dans le bassin de Paris ont révélé les impossibilités d'application de ce système, séduisant pour les personnes qui n'ont pas pratiqué longtemps l'art des sondages.

SYSTÈME DE M. FAUVELLE.

Pour terminer ce chapitre, nous rapporterons ce que M. Arago a dit à l'Institut, dans la séance du 31 août 1846, en rendant compte d'un mémoire de M. Fauvelle sur son système de sonde, avec application d'une pompe foulante pour nettoyer le forage, système dont l'essai vient d'être fait sur la place Saint-Dominique, à Perpignan.

Voici le résumé du rapport du savant secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

« Si, au moyen d'une sonde creuse, on injecte de l'eau dans un trou à mesure que l'on descend, l'eau, en remontant, entraîne tous les déblais; tel est le problème que s'est proposé M. Fauvelle, et qui a été par lui résolu si heureusement qu'il constitue aujourd'hui un nouveau système de forage. Son appareil se compose d'une sonde creuse, formée de tubes vissés bout à bout; l'extrémité inférieure de la sonde est armée d'un outil perforateur approprié aux terrains qu'il s'agit d'attaquer. Le diamètre de cet outil est plus grand que le diamètre des tubes, afin de réserver autour de ceux-ci un espace annulaire par lequel l'eau et les déblais puissent remonter. L'extrémité supérieure de la même sonde est en communication avec une pompe foulante, au moyen de tubes articulés qui suivent le mouvement descendant de la sonde sur une longueur de quelques mètres. La sonde est animée d'un mouvement de rotation au moyen de tourne-à-gauche, ou de percussion par un treuil à déclic. La chèvre et le treuil, pour monter, descendre et soutenir la sonde, ne présentent rien de particulier. Lorsqu'on veut faire agir la sonde, on commence toujours par mettre la pompe en mouvement; on injecte jusqu'au fond du trou, et par l'intérieur de la sonde, une colonne d'eau, qui, en remontant dans l'espace annulaire compris entre la sonde et les parois du trou, établit le courant ascensionnel qui doit entraîner les déblais; on fait alors agir la sonde comme une sonde ordinaire, et, à mesure qu'il y a une partie de terre détachée par l'outil, elle est à l'instant entraînée dans le courant ascensionnel.

« Il résulte de cette marche que les déblais étant constamment enlevés par l'eau, on n'a plus besoin de *remonter la sonde* pour s'en débarrasser, ce qui donne une grande économie de temps; mais un avantage non moins précieux, c'est que l'outil perforateur n'est jamais engorgé par les terres, il agit toujours *sans entraves* sur le terrain à percer, ce qui diminue de plus des neuf

dixièmes la difficulté du forage. Si l'on ajoute qu'il est démontré par l'expérience que les éboulements sont nuls dans des terrains où la sonde ordinaire en détermine toujours; que la sonde agit à cent mètres de profondeur avec autant de facilité qu'à dix mètres, et que cette sonde, par cela même qu'elle est creuse, présente plus de résistance à la torsion qu'une sonde pleine, à volume égal, et autant de résistance à la traction, on aura une idée exacte de ses principaux avantages. En voici du reste un exemple: Un forage commencé à Perpignan, sur la place Saint-Dominique, le 1er juillet, était terminé le 23 du même mois, par la rencontre de l'eau jaillissante, à une profondeur de 170 mètres. Si de ces 23 jours, de dix heures de travail, on défalque trois dimanches et six journées perdues en travaux d'installation, il restera 14 journées, ou 140 heures de travail réel, ce qui représente plus d'un mètre de forage à l'heure.

« Dans le système que nous venons de décrire, on voit que l'injection de l'eau a lieu par l'intérieur de la sonde. L'expérience a fait reconnaître que, lorsqu'il s'agit de remonter des graviers ou des pierres d'un certain volume, il valait mieux injecter l'eau par le trou et la faire remonter par la sonde. La vitesse la plus grande qu'il est possible d'imprimer à l'eau ou le calibre plus exact de l'intérieur des tubes permettent de remonter tous les corps qui peuvent se trouver au fond du puits, et que la manœuvre ordinaire ne pourrait pas attaquer avec avantage. M. Fauvelle a remonté par ce moyen des cailloux de 6 centimètres de longueur sur 3 centimètres de grosseur. L'idée de faire remonter l'eau par l'intérieur de la sonde offre un moyen facile de forer au-dessous d'une nappe d'eau jaillissante sans avoir besoin de pompe. Il suffira de fermer hermétiquement l'orifice du puits, de manière à laisser libre le jeu de la sonde, et à ce que l'eau jaillissante soit forcée d'aller toujours chercher le bas du tube pour trouver une issue; elle y entraînera et ramènera au dehors tous les déblais. Si l'on ajoute à tous ces avantages la

possibilité de faire en bois la tige creuse de la sonde et de l'équilibrer de manière à ce qu'elle ne pèse pas plus que l'eau dans laquelle elle doit se mouvoir, le problème du sondage à des profondeurs de mille mètres et plus sera résolu.

« Ce résultat est d'autant plus beau qu'à Perpignan même un forage entrepris par un autre industriel avait atteint la même profondeur que celui de M. Fauvelle, mais en onze mois, au lieu de 23 jours. »

Quoique le résultat obtenu à Perpignan soit des plus remarquables, nous pensons que le système de M. Fauvelle, excellent pour la localité où il a fonctionné, ne pourra jamais recevoir une application générale comme la sonde à tige rigide, pleine ou creuse.

Nous rappellerons ici le compte rendu, en 1842, par M. Gaymard, de la sonde de M. Freminville qui, dans le département de l'Isère, avait débuté d'une manière également remarquable et qui est venue s'enfouir dans le terrain tertiaire parisien.

Nous avons expliqué dans un chapitre précédent pourquoi certains sondages absorbaient des quantités d'eau considérables; or, nous nous demandons comment M. Fauvelle pourra, quelque quantité d'eau qu'il refoule dans la tige creuse, amener l'eau du fond chargée des détritus du forage au-dessus du sol, lorsqu'il aura traversé une nappe ascendante non jaillissante, cette nappe devenant, règle générale, absorbante aussitôt qu'on la charge au-dessus de son niveau; nous nous demanderons comment il fera lorsqu'il rencontrera des courants souterrains.

Il arrivera, selon nous, dans ces cas, que les détritus chassés de la base du sondage ne pouvant arriver au sol, encombreront le forage, et que l'outil travailleur pourra quelquefois n'être pas retiré.

Nous pourrions trouver dans la nature des terrains à forer bien d'autres objections à l'ingénieux système qui a débuté d'une manière si brillante, mais nous pensons en avoir dit assez pour que l'on attende que des résultats obtenus sur d'autres points aient confirmé la bonté de la méthode dans des circonstances différentes.

L'expérience nous a démontré que le mode de travail devait varier presqu'aussi souvent que les formations à traverser.

Nous avons décrit les tiges creuses dont l'application remonte à quatre ans, et nous les croyons bonnes dans beaucoup de cas.

En 1831 et 1832, deux de mes directeurs de sondages, MM. Nœttinger et Ayràud, ont pour la première fois fait usage de la pompe foulante dans les sondages exécutés à Essonne pour MM. Ferey et Sydenham, et nous l'employons journellement pour faciliter la descente des tuyaux d'ascension dans de puissantes couches de sable ; mais l'idée de l'appliquer à toute la vidange d'un sondage appartient à M. Fauvelle, qui l'a heureusement mise en œuvre pour la première fois ; nous attendrons pour juger son procédé qu'il ait fonotionné dans les terrains tertiaires du bassin de Paris.

SYSTÈME A SONDE CREUSE ET CORDE (pl. 21).

Le système chinois proprement dit, repris par MM. Jobard et Selligue il y a quelques années, m'a toujours paru inapplicable dans les terrains variants, parce qu'en sondages il est indispensable, en certains cas, d'agir par rotation, manœuvre impossible avec la corde nue. Dans le système de la sonde française, l'on a compris cet inconvénient, et l'on a mis en mouvement les instruments tantôt par la corde nue, tantôt avec une colonne que l'on destine en même temps à la garantie des terrains. Je viens de démontrer les difficultés que l'on aurait à réunir à la fois ces deux avantages, et je vais faire connaître les moyens que j'espère employer pour faire du système à la corde une application utile. L'on croira d'abord qu'il y a de l'analogie entre mon système et celui de la sonde française, car, dans l'un comme dans l'autre, la corde est combinée avec une colonne qui communique aux instruments un mouvement de rotation. Mais, dans le premier, la colonne est stationnaire dans le sondage en descendant toutefois au fur et à mesure de l'approfondissement opéré par les outils qui

fonctionnent à sa base, tandis que, dans le second, la colonne n'est autre chose qu'une sonde creuse qui se relève et se descend dans le sondage à la manière des tiges ordinaires. J'ai décrit les tiges creuses (pl. 1) ; la tôle qui les compose a 0,003 à 0,004 d'épaisseur; elles sont construites à clouture ou à agraffes, d'après le système d'étirage à froid de M. Ledru, ou tournées et brasées par les procédés en usage. Suit une sonde creuse ainsi ajustée et descendue dans le trou de sonde. Ses deux derniers bouts ont 3m,50 à 4m de longueur seulement; le bout inférieur porte une frette de 0,15 de hauteur (pl. 21, fig. 1) carrée intérieurement pour recevoir une tige de 0,045 de côté, l'emmanchement A est aussi carré à l'intérieur, c'est-à-dire son mâle seulement, il en est de même de l'emmanchement C. Une tige de sonde arrondie en *y*, sur 0,60 (*voy.* aussi fig. 6), porte une embase E à une distance déterminée de la partie ronde; au-dessous, se trouve un emmanchement de tige ordinaire auquel on suspend le trépan, ou 2 ou 3 tiges, et le trépan au-dessous selon que la profondeur, ou plutôt le terrain, le demande. Au-dessus de sa partie ronde la tige à embase *y*XE porte une frette *h*, figure 1, ou H, figure 6, taraudée, munie de 2 oreilles qui s'adaptent dans deux vides ménagés à cet effet sur la frette inférieure B du tuyau. L'on conçoit que le trépan touchant à fond du trou dans la figure 1, la frette *h* est engagée par ses oreilles dans la frette B ; si l'on abaisse la colonne jusqu'à ce que le dégagement ait lieu, la tige restant fixe, la colonne pourra être mue sans interruption autour de la partie arrondie X sans entraîner le trépan avec elle. Il en sera de même, figure 2, lorsque la frette carrée atteindra la partie carrée de la tige, sans cependant aller au-delà; la frette élevée de la quantité *h*'B' fait maintenant deux autres tiges réunies en OP, par une vis à gauche (figure 5 et figures précédentes OP O'P, O''P'', O'''P''') ; la partie OP est arrondie sur une longueur de 30 à 40 cent., prise partie sur l'une des tiges, partie sur l'autre. La tige supérieure s'adapte en G à une corde en fil de fer qu'elle n'entraîne pas lorsqu'elle tourne moyen-

nant un tourillon, analogue à celui du système chinois; la tige PZ est terminée par une vis à droite qui se visse dans la frette H de la tige motrice ; enfin, les deux tiges ont leurs cavités longitudinales abattues, et les frettes carrées A et C sont en outre disposées de manière à les recevoir sans qu'il soit besoin de les guider dans leur descente ; les 2 tiges supérieures, ainsi suspendues à la corde enroulée sur un gros tambour, arrivent rapidement au fond de la colonne, de manière à ce que la vis Z se présente à la frette H de la tige motrice ; en cet instant, le point de jonction OP ou O′P′ est au-dessus de la frette ou de l'emmanchement carré A ou A′, la tige supérieure, ou tête de sonde, est également dans l'emmanchement carré C′; il en est de même aussi de la partie arrondie $y'X'$; de sorte que, si l'on meut la colonne dans le sens de la vis Z, cette dernière se fixera dans la frette de la tige motrice, tandis que la tige intermédiaire et celle que j'appelle tête de sonde seront restées réunies; la corde est donc par ce moyen liée à la tige motrice à l'aide des deux tiges supérieures et des frettes carrées dans lesquelles elles glissent sans y pouvoir tourner.

Cela fait, l'on descend la colonne de manière à ce que la partie arrondie de la tige motrice se trouve suffisamment au-dessus de la frette B″, c'est-à-dire qu'il y ait de h'', en A″ une course égale à la hauteur dont il faut élever la tige motrice; l'on fixe ensuite la colonne sur un collier muni de galets (fig. 9) et mobile sur un cercle en fer de 0,80 de diamètre, et, après avoir attaché la corde au levier à battre, l'on commence le travail; l'on continue de battre jusqu'à ce que la tige motrice ayant pénétré dans le terrain, sa partie arrondie y' X′ revienne toucher la frette carrée B′. Pendant le travail, la corde n'a d'autre but que de soulever l'outil broyeur, tandis que le mouvement de rotation qui lui est nécessaire lui est communiqué par la colonne qui entraîne, au moyen de ses frettes, les tiges réunies en O P; mais aussitôt que les choses reviennent à l'état (fig. 2), la colonne cesse d'entraîner lesdites tiges, et le trépan serait élevé et abaissé

dans une même direction si l'on continuait la percussion ainsi.

Je viens d'expliquer comment la corde descendue seulement lorsque la tige motrice est rendue sur le terrain, s'y liait d'une manière invariable. La percussion étant terminée, je vais indiquer le moyen de retirer la tête de sonde et la corde (fig. 1). L'on commence par retirer la colonne jusqu'à ce qu'elle vienne toucher la frette à vis *h*; puis on la laisse redescendre pour dégager les oreilles de ladite frette qui pourraient s'être introduites dans leurs entailles; dans cette position, ainsi que je l'ai dit en premier lieu, la colonne sera mue librement sans entraîner la tige motrice. Si l'on considère la tige P*h* ou PZ (fig. 6), elle restera fixe aussi; mais la tête de sonde, dont le point de jonction OP avec la précédente est libre dans la frette A, se dévissera, puisque son pas de vis est à gauche, c'est-à-dire dans le sens contraire au mouvement de la colonne; on la relève immédiatement, puis l'on retire la colonne, amenant avec elle la tige motrice.

Descendre une colonne munie d'un instrument, puis une corde à l'intérieur de cette colonne pour la mettre en mouvement, est une opération qui paraît fort longue; mais, pour faire comprendre qu'il n'en est pas ainsi, je m'empresse de dire que la fixation de la corde à l'instrument se fait en une minute, et qu'il en est de même de leur désunion; qu'en outre, la sonde creuse se remonte par tiges aussi rapidement qu'une sonde ordinaire, et que, pour économiser plus de temps, j'emploie pour ce système des chèvres spéciales de 15 mètres de hauteur.

Lorsque l'on veut remplacer le trépan par une tarière ou tout autre instrument, l'on descend la colonne jusque sur l'embase E‴; au même instant, la frette *h*‴ est en contact avec l'emmanchement A‴, contre lequel on la serre au moyen d'un bouchon (fig. 8).

La figure 7 représente la frette *h*″ munie de ses entailles, laquelle fait suite à la tige motrice.

Dans la figure 9 on voit deux colliers posés l'un sur l'autre; l'ouverture du premier est du diamètre des emmanchements de

la sonde; celle du collier inférieur est assez grande pour le passage des outils de différents calibres. Celui-ci porte trois galets en fonte mobiles dans des crapaudines en fer, et sur lesquels se meut la colonne ; les galets sont maintenus par les rebords de la bande circulaire sur laquelle ils cheminent. Le collier supérieur est lié au second par deux forts boulons verticaux et par deux mortaises à tenons ; le premier se serre contre la sonde par deux boulons dont les écrous portent une manivelle. Dans une mortaise AB, ferrée aux abords de l'ouverture, se loge la pièce en acier (fig. 15), sur laquelle pose la colonne sonde pour la descendre ou pour la monter. Le mâle de l'emmanchement de chaque tige est, à cet effet, traversé par deux mortaises, par lesquelles passe ladite pièce; la femelle porte également deux ouvertures rectangulaires, dans lesquelles repasse le levier en acier (fig. 13 et 14) pour dévisser ou revisser chaque tige.

La clef de relevée est simplement une tête de sonde (fig. 10).

La figure 12 indique le petit chemin de fer fixé sur le plancher au moyen de vis à têtes fendues.

Pour le dévissage, il est nécessaire que les colliers restent immobiles; on les maintient par une tringle (fig. 11) portant un anneau dans lequel on passe un crochet fixé à l'un des pieds de la chèvre. Son autre extrémité est tenue au collier de dessous par une plaque et des boulons.

Tel est l'aperçu du système par lequel je désire remplacer celui des tiges rigides, dont le poids, à une profondeur médiocre, est un inconvénient que jusqu'à présent on n'a pas vaincu. L'équilibration d'une partie de ce poids étant, ainsi que je l'ai dit plus haut, une cause de diminution dans l'effet produit par la chute qui n'est plus celle due à la pesanteur, l'on objectera peut-être que, puisque la mesure de cet effet utile est en raison directe de son poids et de sa vitesse, un trépan seul élevé à 1 mètre de hauteur, par exemple, doit produire un travail égal à celui d'une masse mille fois plus pesante et d'une vitesse déterminée. Ce qu'amène

l'équation n'est assurément pas ce que donne la pratique, et un exemple suffit pour le démontrer. Prenons-le dans un terrain houiller, composé de couches de grauwacke, de schistes et de calcaire carbonifère. Il arrive que souvent le sondage doit traverser toutes les couches dont on peut étudier la nature et la dureté à leurs affleurements; la coupe du trou de sonde est donc connue à l'avance, et l'on ne se détermine à exécuter les travaux de recherche que dans l'incertitude où l'on est si les couches de houille, dont on connaît aussi les affleurements, conservent, en se prolongeant dans le bassin, une certaine puissance, si elles deviennent plus riches, ou si enfin elles disparaissent tout à fait. Le terrain houiller se traverse généralement par la percussion, sauf quelques couches de schistes argileux tendres, qu'il est économique, à une petite profondeur, de traverser à la tarière, lorsque, surtout, l'inclinaison du terrain est forte et donne lieu à des éboulements. Supposons donc que le trépan attaque, au sol, un grès siliceux dur, puis un banc de calcaire compacte vingt mètres plus bas, des couches tout à fait identiques à celles-là (et l'on peut s'en assurer aux affleurements comme je le disais tout à l'heure, en étudiant ces roches au marteau) ne se traverseront pas dans le même temps à 100 mètres de profondeur, mais bien dans un temps plus grand, proportion gardée, bien entendu, de la durée des voyages des outils nettoyeurs. Cependant, à 100 mètres, le nombre des coups est plus grand qu'au sol, parce que le mode de percussion n'est pas le même, et qu'en outre au sol l'on retire un trépan surmonté d'une seule tige de 5 à 6 mètres de hauteur. Que conclure de cela? Que l'effet produit par le choc d'une sonde sur une roche ne dépend pas précisément de son poids, mais essentiellement de sa vitesse ou de sa hauteur de chute. J'ai traversé à Châtellerault 270 mètres de calcaire jurassique à 150 mètres, j'ai essayé dans ce sondage des trépans de toutes les formes et de tous les poids; j'ai substitué au trépan ordinaire un trépan dont la tige surpassait en poids celle du premier de

250 kilogrammes : je n'en ai pas obtenu plus de résultat en gardant la même hauteur de chute. La forme des taillants et la nature des aciers ont seules amené quelques différences dans les quantités forées de chaque journée.

J'en reviens donc à cette observation : que le plus grand effet que l'on obtiendra de la percussion sur les roches, est celui qui résultera de la chute élevée et rapidement répétée d'un poids peu considérable. Ce résultat ne pouvant être donné par une sonde lourde continue, plusieurs sondeurs l'ont cherché dans d'autres moyens ; mais je ne sache pas que le succès ait justifié jusqu'à présent leurs recherches.

Les emmanchements de chaque tige faisant renflement, il y a dans la colonne d'eau autant de parachutes que de tiges. La corde en fil de fer qui, dans ce système, soulève l'outil et les tiges travaillantes, est uniforme dans toute sa longueur, et il n'existe aucune cause qui puisse paralyser la vitesse de la chute de l'outil. Un avantage beaucoup plus important encore de ce mode de sondage, c'est de rendre les accidents à peu près impossibles ; ainsi, les ruptures de sonde ou d'outils ne sont pas à craindre, parce que les tiges rigides n'ont que 20 à 25 mètres de longueur et que cette courte dimension permet de leur donner une plus grande force. Les lames du trépan sont en acier fondu séparées du trépan (figure 16, pl. 9), et la tige de cet outil ayant 0,07 de côté et une longueur de 6 mètres, l'emmanchement est trop éloigné pour se rompre par le porte à faux que peut présenter la roche ; d'autre part, la tige creuse étant suspendue, et le travail se faisant dans son intérieur, aucun ébranlement n'existe plus dans le trou de sonde, et les éboulements ou chutes de fragments ne sont plus à craindre ; l'on obtient, en outre, de moins rétrécir son trou de sonde, en plaçant moins de colonnes de garantie ; beaucoup de terrains se soutenant naturellement et ne s'éboulant que par le fouet continu des tiges pendant le travail de percussion. Enfin, si l'outil se pince au fond, et que la traction pour le dégager fasse rompre la corde, elle se casse dans

l'intérieur de la tige creuse, et lorsqu'on remonte celle-ci pour le nettoyage journalier du trou de sonde, l'on répare facilement l'accident survenu.

Avant de prendre un brevet pour cette amélioration que je crois importante pour l'avenir des sondages, j'ai consulté MM. Arago, de Humboldt et Combes, qui ont approuvé cette méthode. M. de Humboldt m'ayant demandé les dessins et descriptions du nouvel appareil, je les lui ai donnés; et M. de Burscli, directeur-général des mines de Prusse, en me remerciant de cette communication, m'a demandé les renseignements nécessaires pour appliquer en Prusse la force motrice de la vapeur, comme je l'avais fait au sondage de Donchery, dans les Ardennes, demande à laquelle je me suis empressé de satisfaire (voir pl. 32).

J'ai dans ce nouveau mode de sondage une confiance assez grande pour être disposé à entreprendre un sondage de 1,000 et même 2,000 mètres de profondeur; et j'aime à croire que M. d'Œynhausen va en faire prochainement l'application, près Minden, au grand sondage qui est déjà à la profondeur de 780 mètres.

Je ne terminerai pas ce chapitre sans répéter que c'est à la collaboration éclairée et dévouée de M. Ayraud, inspecteur de mes travaux, que je dois une grande partie des améliorations que j'ai mises en œuvre; pour que les planches de ce livre soient d'une exactitude parfaite, c'est à lui que j'en ai confié les dessins ainsi qu'une grande partie de la description des outils représentés dans les planches.

Je désire que l'exemple que je donne ici soit imité par beaucoup de chefs d'atelier, et que, lorsqu'ils feront connaître les améliorations survenues dans leur industrie, ils signalent à la reconnaissance publique ceux de leurs subordonnés auxquels ils en devront une partie; outre que c'est un acte de loyauté, c'est un encouragement au zèle et au dévouement.

DES CHÈVRES ET DES TREUILS.

Les chèvres varient de forme et de force, selon la pesanteur

des fardeaux qu'elles ont à supporter. Mes anciennes chèvres étaient à base rectangulaire ; leurs montants étaient réunis par des entretoises. Elles étaient peu solides et leur centre de gravité se déplaçait au moindre effort, parce que les entretoises ne tardaient pas à prendre du jeu dans leurs mortaises; il fallait alors maintenir l'aplomb de la chèvre au moyen de haubans qui ne remplissaient qu'imparfaitement le but. Un échafaudage en charpente n'étant solide qu'autant que ses pièces principales sont réunies par des croix de Saint-André, les nouvelles chèvres sont composées de quatre montants en sapin de 0m,25 d'équarrissage, comprenant, à leur base, un carré de 4 mètres de côté, espacés, à leur sommet, de 1m,60 sur une face, et de 0m,20 à 0m,30 sur l'autre, pour le placement de deux chapeaux H (fig. 1, 2, 3, pl. 4), sur lesquels se place la poulie. L'axe de celle-ci est fixé dans deux paliers boulonnés dans les chapeaux. L'on peut aussi poser l'axe sur des coussinets ouverts, car la poulie ne tend jamais à se déplacer; cependant il peut arriver que la chaîne, entraînée du côté du treuil, emmène avec elle le pied-de-bœuf, qui par son choc sous la poulie pourrait la faire sortir des coussinets. Lorsque les chapeaux sont assez écartés pour que cet accident puisse avoir lieu, l'on pose sur eux une traverse boulonnée qui s'oppose au passage du pied-de-bœuf ou clef de relevée.

Les chapeaux sont en chêne, et ont 0m,25 de côté.

Les quatre faces de la chèvre sont munies de deux systèmes de croix de Saint-André, boulonnées sur les montants et entre elles à leurs milieux. Les deux croix se rencontrent à peu près à la moitié de la hauteur de l'engin, et leurs branches sont coupées horizontalement aux extrémités; ce sont ces points d'appui et ceux du contact de l'entaille à demi-bois contre les montants, qui constituent la solidité de l'appareil. Les croix inférieures sont en sapin de 0m,20 d'équarrissage; celles du haut n'ont que 0m,14.

Les semelles AA, sur lesquelles sont dressés les montants, sont en chêne de 0m,30 de hauteur sur 0m,25 de largeur; elles

dépassent d'un côté le carré des montants de 3 mètres environ, B A, pour la fixation d'un treuil au moyen de deux pièces transversales C C, posées en dessous des semelles et recouvertes de deux autres pièces courtes D D, de la longueur des patins du treuil et de la hauteur des semelles. Le treuil est fixé sur ces deux petites pièces, boulonnées sur les premières, lesquelles sont de même boulonnées avec les semelles; ces dernières paraissent être de dimensions exagérées; elles le seraient en effet, et pourraient se réduire à des palplanches, si les parties B A ne devaient supporter tous les efforts exercés sur le treuil; mais quelque fortes que soient ces parties, elles fléchissent souvent sous le poids de la sonde, et l'on est quelquefois obligé de remédier à ces oscillations en fixant le treuil au moyen de pieux longs, unis à des traverses horizontales que l'on enfouit dans le sol par une excavation que l'on remplit ensuite en maçonnerie.

Sous les semelles, sont glissées deux fortes pièces K, K (fig. 1), sur lesquelles on place deux pièces courtes *n* P; celles-ci reçoivent directement la charge et la transmettent aux pièces inférieures. L'empâtement de la chèvre est recouvert d'un plancher en madriers de $0^m,08$ à $0^m,09$ d'épaisseur. Lorsque les pièces K, K, se trouvant au-dessus de l'excavation, fléchissent, on les étaie par des pièces verticales posées dans le fond de ladite excavation; de forts tuyaux de sondage peuvent remplacer le bois. Les pièces K, K et les deux traverses *n*, P, laissent entre elles un espace de $0^m,50$ à $0^m,60$, sur lequel on établit les couvercles du trou de sonde. Ces couvercles sont deux morceaux de chêne de $0^m,50$ de longueur et de 25 d'équarrissage, creusés chacun suivant la demi-circonférence des plus gros emmanchements de la sonde; ces entailles sont ferrées, ou, du moins, munies d'un demi-cercle posé à la surface des couvercles, ce qui évite leur agrandissement par le frottement des tiges. L'un des couvercles porte un piton de $0^m,03$ de diamètre, solidement fixé par une patte ou T; c'est contre ce piton que porte la griffe pour le vissage ou le dévissage

des tiges. Chaque morceau porte aussi deux anneaux en fer, posés aux extrémités, et qui servent à les enlever pour le passage des instruments. Enfin, le couvercle complet est fixé sur le plancher dans un châssis en bois de $0^{m},10$ de côté.

L'on monte dans la chèvre au moyen de tasseaux ou échantignoles posés de 0,50 en 0,50, sur les deux faces de l'un de ses montants; à la hauteur des emmanchements des tiges, est fixé un chevron portant un *u* en fer ou en bois dans lequel se rangent les tiges par faisceaux.

Le levier de la sonnerie dont il sera question plus tard est posé sur une pièce E, supportée par deux traverses F, soutenues par des tasseaux boulonnés G, G, etc.

Comme j'ai supprimé les cordages, et employé à leur place des chaînes de différentes grosseurs, la poulie de chèvre est construite de manière à ce que la chaîne n'y éprouve aucun porte-à-faux; sa gorge porte une rainure dans laquelle se logent les maillons situés verticalement.

Les chaînes varient de grosseur suivant les profondeurs des sondages; elles sont toutes à maillons courts et sans étançons. Elles sont, avant d'être employées, essayées à la romaine comme les chaînes marines.

Pour	50^{m}	de profondeur	le fer	des maillons	est de	0.017
»	100	»	»	»	»	0.019
»	300	»	»	»	»	0.024
»	400	»	»	»	»	0.028

Il faut avoir soin de graisser tous les douze à quinze jours les chaînes à l'endroit de leur course sur la poulie, parce que c'est dans ce parcours qu'elles s'usent le plus promptement, et que le mouvement des maillons y est double de ce qu'il est sur le tambour du treuil; comme, lorsque la chaîne est lourde, elle est peu maniable après avoir été graissée, l'on emploie alors des crochets semblables à ceux des camionneurs. Lorsque, le pied-de-bœuf étant

au haut de sa course, la plus grande branche de la chaîne se trouve du côté du treuil, l'on s'oppose à l'entraînement de la partie la plus courte, par une corde de retenue attachée à l'esse du pied-de-bœuf, ou bien l'on établit au-dessus de cette esse un poids faisant équilibre à l'excès de la grande branche sur la petite.

Les tambours de treuils les plus propres à l'enroulement des chaînes sont munis d'une rainure en hélice dont le pas est égal à la largeur des maillons, plus quelques millimètres; il résulte de cette disposition que les maillons ne se touchant pas, ils ne peuvent s'user latéralement, et qu'en outre ils ne subissent aucun porte-à-faux. Ces treuils, propres à de grands travaux, sont plus coûteux, mais ils économisent assez les chaînes pour qu'on y trouve avantage sur les tambours généralement en usage. Les chaînes comme les cordages tendant à s'enrouler sur elles-mêmes lorsqu'elles arrivent dans le plan de l'axe de la sonde, on obvie à cet inconvénient en disposant le treuil de manière à ce que la chaîne, du commencement à la fin de sa course, soit toujours dans un plan oblique à l'axe du tambour ; il en résulte que la chaîne, au lieu de monter sur elle-même, trace sur le tambour une hélice dont le pas est plus grand que la largeur des maillons et que, par conséquent, ceux-ci ne se touchent pas.

Les chaînes étant en fer très ductile ne cassent pas subitement; leur rupture s'annonce par des fentes qui ne sont pas toujours perpendiculaires à la direction des fibres. Il est donc important de les visiter de temps à autre; le temps passé à cet examen, quelque long qu'il soit, sera toujours utilement employé.

Lorsque l'on dispose le treuil pour battre, l'on retire du tambour la chaîne, et on l'enroule au pied d'un des montants de la chèvre ; en la remettant pour enlever la sonde, il faut veiller à ce qu'elle ne prenne pas de tord, car les maillons, en porte-à-faux, amèneraient des chocs qui, sous une forte charge, pourraient la faire rompre.

Pour que la rupture de la chaîne et sa chute ne donnent lieu à

aucun accident, il est indispensable de mettre à couvert l'ouvrier chargé d'accrocher les tiges et dont le poste presque habituel est dans la chèvre. Il doit lui-même être assez prudent pour se retirer sous son abri aussitôt qu'il a fait son accrochage. Les hommes du treuil doivent être protégés par un panneau incliné, établi à 3 ou 4 mètres au-dessus d'eux et qui ramènerait la chaîne rompue vers le treuil où son obliquité tend du reste à la porter.

La chèvre dont je viens de parler est destinée aux grandes profondeurs; je la donne, comme modèle de celles qui sont appropriées à mon système de sondage, aux personnes qui désireraient faire des travaux dans des contrées éloignées où je n'expédie habituellement que le matériel de forage proprement dit. Pendant que le transport de ce matériel s'effectue, le propriétaire fait construire la chèvre qui doit servir à le mettre en œuvre; comme il est, aux termes de mes tarifs, chargé de tous les transports, ce mode est souvent plus économique en ce que le transport de la chèvre, pour l'aller et le retour, est d'un prix plus élevé que celui de sa construction sur place, et qu'on peut toujours s'en défaire sans beaucoup de perte.

Les chèvres quadrangulaires sont préférables à celles à trois montants, en ce qu'elles sont plus stables et qu'en outre le placement des faisceaux de tiges s'y fait plus commodément; la longueur de leurs chapeaux permet la pose d'une seconde poulie sur laquelle passe la corde en fil de fer qui sert au nettoyage du trou de sonde.

Je me servais autrefois de deux poulies placées sur le même axe, ayant chacune leur chaîne adaptée à un pied-de-bœuf; l'une de ces chaînes servait à enlever une tige, tandis que la seconde descendait pour reprendre la suivante et réciproquement; je n'ai pas trouvé dans ce système l'économie de temps que j'en espérais et je l'ai supprimé.

Quelques personnes ont pensé à se servir d'une série de contrepoids pour monter et descendre les tiges de sonde; c'est un autre

système qui se comprend de suite en théorie, mais dont l'application présente de nombreux inconvénients, nés de la difficulté que l'on a souvent d'obtenir des tiges de longueurs exactement égales, et du placement du contre-poids à différents étages lorsque cette égalité de longueurs n'existe pas ; le temps joue dans cette opération comme dans toutes les autres le rôle principal, et c'est lui que l'on doit surtout économiser.

Une chèvre pour les sondages de grandes profondeurs doit être aussi haute que possible, afin de diminuer les temps d'arrêt que l'on passe au démontage des tiges ; cependant, si le travail est mené par des hommes, l'enlèvement de la sonde par tiges de 7 à 8 mètres est aussi économique que si ces parties avaient une longueur double, parce que les hommes ont aussi tôt remonté deux tiges courtes, en prenant un instant de repos, qu'une plus longue qui ne permet qu'une vitesse moindre ; mais lorsqu'au lieu d'hommes l'on emploie la vapeur ou une chute d'eau, l'on doit élever la sonde par grandes longueurs : deux et trois tiges à la fois.

Une chèvre haute a l'inconvénient de ne pouvoir être transportée qu'à grands frais, ou de devoir être nécessairement construite sur place. Je crois qu'il serait plus avantageux de ne lui donner qu'une hauteur de 12 mètres, et de la placer sur des massifs en maçonnerie, au niveau desquels l'on établirait les machines à battre et à enlever, tandis que la sonde serait manœuvrée au sol ; cette disposition atténuerait sensiblement la différence des deux branches de la chaîne qui, dans une chèvre haute, apporte du retard dans la manœuvre.

Pour des coups de sonde peu profonds l'on emploie des chèvres peu hautes et légères, à base quadrangulaire, comme la précédente, ou simplement des chèvres à trois montants, dont il est question au chapitre IV, traitant des sondes d'exploration.

DES TREUILS.

Un tour ou treuil simple est une machine composée d'un tambour, sur lequel est fixée une roue, ordinairement de grand diamètre. La puissance et la résistance agissent ici aux extrémités d'un levier simple, dont le petit bras est représenté par le rayon du tambour, et l'autre par le rayon de la roue. Ces deux forces sont donc entre elles comme le rayon du cylindre est au rayon de la roue. Si le premier est de 0,20, le second de 2 mètres ; que la résistance à vaincre ou le poids à enlever soit de 200 kilogrammes, l'on connaîtra la force qui fera seulement équilibre à ces 200 kilogrammes par la proportion suivante : La puissance

$$P : 200^{k} :: 0{,}20 : 2^{m} \qquad P = 20^{k}$$

Le treuil à engrenage est une réunion de deux ou de trois treuils simples ; ici la puissance est à la résistance comme le produit des rayons des pignons ou cylindres est à celui des roues. Si le tambour (fig. 1, pl. 3) a 0,15 de rayon, la roue qu'il reçoit, 0,40 ; le pignon qui la met en mouvement, 0,06 ; et enfin la manivelle, 0,50 ; que la résistance à équilibrer soit 1500 kilogrammes, la puissance se trouvera par cette proportion :

$$P : 1500^{k} :: 0{,}15 \times 0{,}06 : 0{,}40 \times 0{,}50 \qquad P = 67{,}50$$

sans tenir compte des frottements.

Le treuil, figures 1 et 2, est à simple engrenage et forme dans mes tarifs trois numéros, que j'appelle grand, moyen et petit modèles ; les poids respectifs sont 1,400, 800 et 350 kilogrammes, et les prix, 2,600, 1,500 et 700 francs. Le petit modèle est employé pour les sondes de petits calibres, et n'est muni ni de came ni de débrayage ; le moyen porte un débrayage ou une came pour des sondages de 100 mètres ; le plus grand est muni de ces deux appareils de percussion. L'embrayage est appliqué au passage des terrains tendres ou de moyenne dureté, et à des profondeurs moyennes ; la came à celui des roches dures, aux petites comme

aux grandes profondeurs. Les figures 1 et 2 représentent un de ces treuils grand modèle qui n'a pas son débrayage, mais que l'on peut établir à côté de la came J J (*voy.* les deux figures). Il est composé de deux montants en fonte, ouverts à leur partie supérieure et recouverts par un chapeau à vis de pression qui maintient les coussinets entre lesquels tourne l'axe du pignon. Les coussinets peuvent être changés et relevés à volonté pour la substitution au pignon actuel d'un autre pignon plus grand ou plus petit ; c'est la mobilité des coussinets qui fait différer cette machine de celle dont je me servais il y a quelques années. L'axe du pignon est renflé en son milieu pour qu'il soit solide en raison de sa longueur ; à côté du pignon sont établies deux roues à rochets, dont les dents sont disposées en sens contraires, pour le relèvement de la sonde dans les deux sens du mouvement du pignon. Un cliquet *g* à deux becs engrène avec l'une ou avec l'autre de ces deux roues ; il est adapté sur une entretoise boulonnée sur les montants, et qui maintient l'écartement de ces derniers. Lorsque l'on ne se sert pas du cliquet, on le rabat sur le petit taquet *f*. L'axe du pignon est prolongé en *cd* et maintenu par la plaque d'arrêt *e*, occupant la distance *ab*, égale à *cd*; lorsque, pour descendre le pied-de-bœuf, la roue doit tourner seule, on lève la plaque *e* pour pousser et débrayer le pignon. La roue porte une frette *hh* aussi grande que possible pour recevoir un frein semblable à celui fig. 6 ou fig. 7, ou un frein à branches parallèles et demi-circulaires comme celui du treuil double, fig. 10. L'une des branches se fixe, dans ce cas, à l'un des boulons Y (fig. 2) et *i* (fig. 1), tandis que l'autre est adaptée au levier qui presse le frein, et dont le bec est retenu par le boulon opposé X. Le tambour peut être en bois ou en fonte ; en bois, il est garni de bandes en forte tôle de 7 à 8 centimètres de largeur, espacées de cette même quantité et clouées sur le bois avec du fer doux. Les tambours de cette espèce durent fort longtemps et ont l'avantage d'être moins lourds que ceux en fonte.

Lorsque l'on commence un sondage avec ce treuil, l'on emploie un pignon de 18 à 20 centimètres; à 100 mètres, l'on place celui de 15, et à 150 ou 200^{m} celui de 10 à 12. Les manivelles, qui sont simples dans les deux premiers cas, sont doubles de 150 à 200 mètres et au delà, afin que leurs soies allongées pour l'emploi d'un plus grand nombre d'hommes ne ploient pas. L'on place, dans ce cas, à l'extrémité de la soie, un second bras de manivelle $Q'r'$ de même longueur que $Q\,r$, mais moins fort, qui porte une petite soie $m\,n$, mobile dans un fourreau en tôle, logé dans un pieu k. La longueur de la soie $m\,n$, est telle que lorsque le pignon est débrayé, elle n'abandonne pas le fourreau, quelle que soit la vitesse avec laquelle on descend la sonde; ces manivelles doubles restent solides, tandis qu'étant simples la soie s'écarte de suite et entraîne la rupture des bras.

Les montants ou patins en fonte sont, comme on le voit, fixés au sol sur des pièces de bois par trois boulons sur chacun d'eux. Ces pièces de fonte, qui paraissent fort légères, ont une résistance beaucoup plus grande que les autres parties du treuil quand elles sont bien posées; cependant, lorsqu'on les confie au roulage, on doit les faire soigneusement empailler, si on ne les met même dans des caisses.

Les treuils des numéros suivants ont un engrenage semblable à celui dont je viens de parler et des montants en fonte pareils, excepté qu'ils ne sont pas ouverts pour recevoir des pignons de plusieurs diamètres.

Lorsqu'on applique au grand treuil à coussinets mobiles un pignon de petit diamètre, 0,09 à 0,010, il faut qu'il soit en fer trempé, parce que la petitesse de son rayon s'opposant à ce que trois et même deux dents soient à la fois en contact avec celles de la roue, une seule dent en fonte n'aurait pas assez de résistance.

Poulie folle appliquée au treuil. En employant à 250 mètres un pignon dont le rayon est la moitié de celui du précédent, l'on diminue la vitesse du tambour dans le même rapport, et ce résul-

tat est le même que celui que l'on obtient avec une poulie folle (*voy.* fig. 1, pl. 4). La chaîne fixée en X entoure la poulie folle Z en passant dans un anneau qui l'empêche d'en sortir, revient se plier sur la poulie ordinaire reculée en Y, de manière à ce que le milieu des deux brins parallèles de la chaîne passe par l'axe du trou de sonde et descende sur le tambour du treuil. L'on voit que, pour élever d'une certaine quantité la sonde attachée en q, il faudra enrouler sur le tambour une quantité de chaîne double de celle que demande la poulie ordinaire; d'où il résulte que la force à appliquer aux manivelles est à celle que l'on emploie dans le cas de la poulie simple, dans le rapport de 1 à 2. La substitution d'une poulie mobile à un pignon de petit diamètre a l'avantage de nécessiter une chaîne moins forte de moitié, dont on peut, par conséquent, augmenter la solidité d'un tiers ou d'un quart; tandis que les chaînes dont le fer a 0,028 sont déjà assez grosses pour les petits tambours sur lesquels je les emploie. Une chaîne de poulie mobile augmentée du quart de sa force sera donc beaucoup plus sûre que la chaîne de grosseur double employée sur poulie simple.

Lorsque l'on a remonté avec la poulie mobile une assez grande partie de la sonde pour que l'autre puisse être employée, l'on attache la première et sa chaîne à l'un des montants de la chèvre, et l'on n'a d'autre changement à faire que celui de la chaîne au crochet du tambour. Les deux chaînes ont chacune leur poulie fixe sur les chapeaux de la chèvre, placées l'une à côté de l'autre; si leur diamètre est tel que leurs axes se nuisent, l'on élève l'une ou l'autre sur des échantignoles boulonnées sur les chapeaux.

L'on ne se sert de la poulie mobile que pour le relèvement de la sonde; si on la conservait pour la descendre, le voyage deviendrait long, en ce que, pour remonter le pied-de-bœuf à chaque tige, il faudrait employer trop de temps.

Pour relever le pied-de-bœuf à la manivelle simple, l'on emploie un fouet (figure 5, pl. 3), dans la boucle duquel on passe

l'extrémité de la soie; la longueur du fouet est environ moitié de celle du bras de manivelle; comme la charge à enlever est très faible, deux hommes font marcher, avec cet instrument, le treuil avec une grande rapidité. Lorsque la manivelle est double, on emploie, au lieu du fouet, une petite corde du double plus longue que le bras de manivelle; trois ou quatre hommes ont chacun la leur; ils tournent moins vite qu'avec le petit fouet, mais plus vite qu'en s'appliquant directement aux manivelles.

Treuil double. Un treuil à double engrenage n'est autre chose que la réunion de deux treuils simples; le pignon A et la roue D (figure 10, pl. 3) constituent un treuil pareil au précédent; à côté du pignon A se trouve un second pignon B, qui engrène avec la même roue D, et qui est mû par l'engrenage d'une seconde roue placée sur le même axe *ab*, avec le pignon A, du simple engrenage. Les deux pignons et la grande roue sont près du montant du treuil, la petite roue secondaire est au-delà de la première d'une quantité égale à l'épaisseur du pignon, plus 10 ou 15 millimètres, de sorte que lorsqu'on veut passer du simple au double engrenage, il suffit de pousser le pignon A, jusqu'à ce qu'il engrène avec la petite roue *c*, et qu'au même moment il abandonne la grande roue; l'on voit que, sans changer de place les manivelles qui sont adaptées à l'axe *nn*, du pignon simple, l'on obtient les deux différentes vitesses. Les deux montants en fonte sont moisés à leur partie inférieure, comme le sont ceux du treuil (figures 1 et 2). Leurs têtes sont maintenues par une troisième moise qui se sépare en deux branches *zz'zz'*, portant chacune leur écrou; l'ouverture rectangulaire des montants est disposée pour recevoir des coussinets en queue d'aronde. Sur la moise du haut est adaptée une plaque d'arrêt qui maintient l'axe *ab* du second pignon, et sur le montant opposé à celui de la figure, se trouve une pièce pareille à la première pour maintenir embrayé ou débrayé le pignon A. L'axe de celui-ci porte une roue à rochets dont le cliquet *im* est fixé sur un axe *i*, lequel est maintenu sur une des pièces d'assises

du treuil, par deux boulons à œil *jk*. Le même axe porte une frette de frein de 70 centimètres de diamètre dont l'effet de retenue est plus puissant que celui de la frette adaptée à la roue du treuil (figures 1,2), par la raison que l'on a moins de force à employer pour retenir la sonde en l'appliquant à la manivelle du pignon qu'à l'extrémité d'un des rayons de la roue. Ce frein est composé d'un demi-cercle en fer étoffe, *t u* VYX, garni de bois (figure 8), en 5 ou 6 morceaux, de 3 ou 4 centimètres d'épaisseur seulement; le bois est tenu au cercle de fer par des vis ou par des rivures; dans ce dernier cas, l'on fait dans le bois le passage des têtes de rivets, de manière à ce qu'elles y soient logées au tiers à peu près de son épaisseur, afin d'éviter leur contact avec la frette qu'elles ne tarderaient pas à rayer. Le demi-cercle ainsi établi, déterminé par deux branches munies chacune d'une chappe, dont l'une est fixée à une tige verticale à embase *f'g* boulonnée dans les assises du treuil, et l'autre au levier *hef*, mobile autour de *f*, extrémité de la tige *fg* semblable à la première *f'g'*, il est important de donner aux chappes et à tout ce qui compose le frein, plus de solidité que n'en exige l'effort qu'il a à supporter, afin de se mettre en garde contre tout accident. La frette du frein doit être pleine ou du moins à rayons très larges, parce que la dilatation de sa jante, si elle ressemblait à celle d'une roue ordinaire, la ferait éclater, et comme c'est à cette pièce qu'est confiée la sonde de 5 ou 600 mètres, sa rupture donnerait lieu à de graves accidents.

Lorsque l'on ne se sert que du simple engrenage, le pignon B est débrayé de la grande roue, ou, pour plus de commodité, on le met de côté dans la gorge L, disposée pour en recevoir l'axe.

La grande roue D porte un cercle dont elle est séparée par des galets de 6 à 7 centimètres de diamètre qui communiquent à une bascule ou pédale un mouvement alternatif, lequel est transmis à la sonde par l'intermédiaire du levier de chèvre, ou

par la simple poulie lorsque le poids moteur est peu considérable (*voyez* pl. 3, fig. 8).

Les dents du engrenages de ce treuil double ont une largeur de $0^m,025$ sur le cercle primitif. Si l'on considère qu'au moment où l'on relève la sonde, surtout dans des terrains gras, la vitesse des rouages est très faible, qu'en outre la résistance à vaincre est souvent décuple de celle qu'oppose le poids absolu de la sonde, l'on remarquera que $0^m,025$ sont une largeur encore au-dessous de celle que donnent les formules adoptées en mécanique. Le sondeur doit donc éviter de forcer son treuil de beaucoup au-delà de la force de la résistance probable des rouages, et se servir, pour des efforts considérables et de peu de durée, d'un levier ou d'une poulie folle, ou de tout autre machine puissante.

L'on donne, en pratique, à l'anneau de la roue, une largeur qui est les deux tiers de l'épaisseur de la dent mesurée sur le cercle primitif. Cette largeur est augmentée par une nervure intérieure dont la hauteur et l'épaisseur sont égales à celle de l'anneau. Cette largeur totale de l'anneau est suffisante, comparée à la force de la dent et pour un mouvement régulier, mais elle ne suffit pas pour les mouvements de la sonde qui occasionnent des chocs assez forts pour briser les dents. Quelque fortes qu'elles soient, elles cassent ; l'on est alors obligé de les remplacer par des dents en fer, ajustées à queue d'aronde (fig. 3, pl. 3). L'entaille à faire dans la jante de la roue doit avoir 4 ou 5 millimètres pour des dents de moyenne grosseur. Si l'on en rapporte plusieurs les unes à la suite des autres, l'on affaiblit de beaucoup la jante ; il convient donc, pour éviter cet affaiblissement, de donner à celle-ci une largeur égale au moins à celle de la dent.

Un treuil à engrenage simple peut se remplacer par un tour en bois ou cabestan. Soit le rayon au tambour ou treuil à engrenage = 0,15 ; le rayon de la roue 0,60 ; celui du pignon 0,10 ; le bras de la manivelle 0,50 ; la résistance à vaincre, pour une profondeur de 240 mètres, de 2400 kil. en établissant

P : 2400 kil. : : $15 \times 10 : 60 \times 50$, l'on trouvera qu'une puissance P de 120 kil. fait équilibre au poids de la sonde. Si l'on se donne 0,15 pour le rayon du tambour d'un cabestan dans lequel on veut avoir, entre la puissance et la résistance, le même rapport que le précédent, l'on établira la proportion 120 : 2,400 kil. : : 0,15 : R. Le rayon R de la roue du cabestan sera de 3 *m*. La figure 9, planche 3, satisfait à ces conditions pour la roue et le petit cylindre ; à côté j'en trouve un de diamètre double pour une profondeur moindre ; celui-ci porte une frette de frein dont le levier sert en même temps de cercle. Lorsque la profondeur du sondage devient très grande, il faut, ou augmenter démesurément le diamètre de la roue, ce qui devient incommode, ou employer le cabestan tel quel, en le combinant avec une poulie mobile ou même avec des mouffles. Ce moyen est employé par M. Mulot ; mais je trouve qu'il ralentit trop les manœuvres.

Dans ce cas, j'applique la machine à vapeur à mes treuils ordinaires. La transmission de son mouvement à la sonde a lieu très simplement, et nécessite trois ou quatre hommes au plus. M. Laurent, en l'appliquant au sondage de Donchery, a prescrit au conducteur l'instruction suivante, que j'ai approuvée et généralisée pour tous les sondages où j'adopte ce moteur.

L'emploi de la vapeur dans les sondages nécessite, de la part de l'ouvrier chargé de la conduite du feu et de la machine, les plus grandes précautions, surtout lorsque ces machines sont placées dans de mauvaises conditions, ce qui est souvent une conséquence naturelle du peu de stabilité que présentent nos établissements de sondage, pour lesquels, la courte durée des travaux empêche de faire les dépenses nécessaires à une organisation irréprochable.

Le niveau de l'eau dans la chaudière étant la première chose à déterminer d'une manière certaine, le chauffeur devra régler son niveau siffleur de telle sorte que l'eau ne puisse jamais

s'abaisser dans la chaudière au-dessous de 0m,10 au-dessus de la partie léchée par la flamme de son fourneau, appelée surface de chauffe. Ce niveau devra correspondre au point le plus bas de la course de son flotteur : à ce point le sifflet doit se faire entendre, afin d'avertir qu'il faut alimenter tout de suite. Lorsque l'eau est à 0m,15 au-dessus de la surface de chauffe, l'aiguille placée à l'extrémité du flotteur doit marquer zéro. On ne doit pas monter le niveau de l'eau au-dessus de 0m,05 de ce zéro ; à ce point le sifflet doit encore se faire entendre pour indiquer que l'on doit cesser d'alimenter.

Quatre ou cinq fois par jour le chauffeur doit faire osciller son flotteur, de manière à s'assurer qu'il fonctionne toujours bien.

La grille doit toujours être couverte d'une quantité de houille qui n'excède pas 0m,15 ; cette quantité est suffisante lorsque le feu est bien entretenu. Le chauffeur doit, de 10 minutes en 10 minutes, retourner son charbon, briser les parties qui se sont agglomérées et retirer avec le plus grand soin les scories qui se forment et qui, en s'attachant à la grille, la brûleraient ; il doit toujours maintenir cette dernière bien nette. Si un barreau, par suite de l'abandon du feu, est brûlé, il se courbe et, s'il n'est retiré à temps et remplacé par un autre, entraîne la perte de ses voisins. On devra, pour remplacer ces barreaux brûlés, en avoir toujours une demi-douzaine de rechange.

Lorsque le feu a besoin d'être activé, il suffit de lever le registre dont le contre-poids doit, à cet effet, se trouver à portée de l'homme qui veille au feu. Celui-ci devra aussi maintenir le cendrier de son fourneau toujours propre ; il n'y laissera jamais accumuler de cendres, car elles entretiennent sous la grille une chaleur qui nuit au tirage ; il devra au contraire, lorsque ce tirage sera trop lent, jeter de temps en temps de l'eau sur le cendrier, afin de le rafraîchir.

Si la cheminée du fourneau se trouvait dans des conditions

telles, que son tirage fût mauvais, soit par suite de son peu de hauteur, soit en raison du petit diamètre de sa section, le seul moyen de remédier à cet inconvénient serait d'y faire passer la vapeur perdue au sortir du cylindre.

Le chauffeur doit toujours veiller à ce que son manomètre, placé d'une manière convenable pour qu'il puisse facilement y jeter les yeux à tout moment, ne marque jamais un nombre d'atmosphères supérieur à celui qu'indique le timbre de la chaudière; il devra toujours se maintenir, pour les chaudières à haute pression, à une demi-atmosphère en dessous.

Si, pour cause d'arrêt de la machine ou par tout autre circonstance, la dépense de vapeur cesse, il devra de suite baisser son registre et ouvrir les portes de son fourneau; si c'est un arrêt et qu'il doive durer longtemps, il devra couvrir son feu avec les débris de charbons tombés sous sa grille; à cet effet, il aura le soin de les débarrasser de toutes les scories qui les accompagnaient. Il peut encore profiter de cette circonstance pour alimenter.

Les deux soupapes, placées ordinairement aux deux extrémités de la chaudière, doivent fonctionner aussitôt que le nombre d'atmosphères porté au timbre est marqué par le manomètre; elles doivent laisser échapper l'excès de vapeur; il faut pour cette raison ne jamais rien ajouter au poids qui les équilibre, et veiller à ce que les deux couronnes de contact ne soient jamais adhérentes l'une à l'autre. Le chauffeur doit plusieurs fois par jour soulever le levier afin de les faire jouer et de s'assurer de leur mobilité.

Lorsque le niveau de l'eau est bas, on doit, en même temps que l'on fait fonctionner la pompe alimentaire, pousser le feu de manière à ce que l'abaissement de température causé par l'introduction de l'eau à un degré peu élevé, ne fasse pas baisser la tension de la vapeur; il doit aussi diminuer la vitesse de la machine.

La chaudière doit être nettoyée au moins une fois par mois, si l'eau ne contient pas de sels capables de s'attacher aux parois, et

au moins tous les quinze jours dans le cas contraire. Pour cette opération, il faut commencer par jeter le feu bas, puis on ouvre un robinet de décharge placé à la partie inférieure de la chaudière (quelquefois c'est un système de siphon plongeant jusqu'à 3 ou 4 centimètres du fond, la vapeur par sa pression tend à faire sortir l'eau par cette issue), ayant soin d'établir, avant, des conduits jetant cette eau au dehors de l'établissement et disposés de manière à ce que les ouvriers placés auprès ne puissent pas être atteints par l'eau bouillante; il faut ouvrir le robinet avec précaution. Une fois la chaudière vide, on ouvre le trou d'homme, placé ordinairement à la partie supérieure de la chaudière, et on débouche les bouilleurs s'il y en a; en un mot, on favorise autant que possible le refroidissement, afin qu'un homme puisse entrer lorsque la chaleur est devenue supportable.

Quand le tartre est attaché à la chaudière, on le casse à l'aide d'un petit marteau à panne aiguë, et l'on met la tôle parfaitement à nu. Ce tartre, en empêchant le contact immédiat de l'eau avec la tôle, s'oppose au refroidissement de cette dernière et permet au feu de la porter jusqu'à la température rouge; la poussée de la vapeur peut alors occasionner un gonflement, ou coup de feu, qui déterminerait une explosion.

Lorsqu'une fissure se déclare, soit par un défaut de tôle, soit par une rivure mal faite, il faut y apporter remède de suite, quelque légère qu'elle soit, car si la fuite est peu considérable, l'eau ne peut s'opposer par son évaporation à l'élévation de température sur ce point; elle est, au contraire, décomposée par le fer rouge avec lequel elle se trouve en contact. Son oxygène se trouve absorbé par le métal qui passe à l'état d'oxyde, et son hydrogène concourt, par sa combustion, à élever la température sur ce point; la partie malade tend donc à se détériorer de plus en plus et très promptement.

Plusieurs substances sont employées pour empêcher l'adhérence du tartre aux chaudières: entre autres l'argile, les pom-

mes de terre, etc. On peut encore frotter les parois avec un mélange de saindoux et de plombagine (carb. de fer).

La pompe alimentaire doit toujours être entretenue dans un état parfait; la garniture dans laquelle passe le piston doit être renouvelée souvent; elle se fait toujours au chanvre suifé et doit être serrée modérément. Le réservoir du presse-étoupe doit toujours être plein d'eau; il faut éviter que l'huile puisse s'introduire par cet endroit dans la pompe. Le graissage de la bielle, actionnant le piston, doit donc se faire avec précaution, car l'huile, une fois dans la pompe, passerait dans le porte-clapets et empêcherait ceux-ci de fonctionner. Il faut, quand cet accident arrive, les retirer, les nettoyer parfaitement, et les roder avec un peu de sable fin. Il arrive aussi quelquefois que les clapets cessent de fonctionner, lorsque le couvercle du porte-clapet joint mal et laisse passer l'air. Lorsque les clapets, par un vice de construction, sont sujets à se mettre de travers, ils cessent de fonctionner; pour les faire revenir à leur place, il suffit de fermer et de rouvrir brusquement le robinet d'aspiration de la pompe. Ce robinet est le seul que l'on puisse ouvrir et fermer ainsi; tous les autres doivent être ouverts lentement et fermés de même, sous peine de faire rompre des tuyaux.

Le cylindre à vapeur étant la partie essentielle de la machine, on doit veiller à ce que tout ce qui contribue à sa marche régulière soit entretenu avec le plus grand soin. Si la distribution de la vapeur se fait par un tiroir, il doit être parfaitement réglé; si c'est par une coquille, elle doit être parfaitement rodée, de manière à ce qu'elle ne laisse pas échapper de vapeur sans cependant que son frottement soit dur. Le piston doit être démonté et nettoyé une fois par mois au moins, afin de s'assurer si les ressorts ne sont point détendus, ou s'il n'y en a pas de cassés, ce qui arrive souvent; aussi est-il nécessaire d'en avoir une garniture de rechange. La tige du piston doit passer dans une garniture pratiquée dans le couvercle du cylindre. Cette garniture doit être

faite tous les quatre ou cinq jours, elle se compose de chanvre tressé mollement ; il faut la remplacer aussi souvent, parce qu'étant toujours exposée à une forte température, malgré le graissage ordinaire, elle se cuit et devient tellement dure qu'elle rayerait et détériorerait promptement la tige du piston.

Le graissage de la boîte à vapeur ou coquille de distribution, de la tête de tige de piston, de la menotte qui relie les deux manivelles, doit se faire à l'huile de pied-de-bœuf extrêmement pure, ainsi que le graissage du piston. L'huile ordinaire, le saindoux et le suif suffisent pour toutes les autres parties du mécanisme.

Le tuyau d'arrivée de la vapeur du cylindre doit être entouré de substances propres à éviter toute déperdition de chaleur, surtout lorsque l'emplacement n'a pas permis de mettre la prise de vapeur sur la chaudière plus basse que son arrivée au cylindre ; la condensation qui a lieu dans ce tuyau est refoulée dans le cylindre et y est très pernicieuse, car ne pouvant en être expulsée assez vivement, lorsque l'échappée de vapeur est ouverte, elle s'y trouve renfermée dans un espace trop étroit pour la contenir, et comprimée de manière à faire tout briser ; il suffirait, pour que cet accident eût lieu, que la machine, ayant été arrêtée pendant deux ou trois minutes, fût remise subitement en marche ; le résultat pourrait être que l'une des extrémités du cylindre fût rompue et la tige du piston fût faussée. On obvie à cet inconvénient en adaptant au couvercle et au fond du cylindre deux petits robinets purgeurs, que l'on ouvre chaque fois que l'on met la machine en mouvement et même quelquefois pendant la marche, lorsque l'on entend le choc de l'eau dans le cylindre.

Les joints se font avec un mastic composé de 1 partie de blanc de céruse broyé avec de l'huile de lin, et de 2 parties de minium ; on bat le tout ensemble avec un gros marteau, jusqu'à ce que cette pâte soit assez molle et ne s'attache plus aux mains. On y introduit alors du chanvre coupé à 5 millimètres de longueur, afin de donner une plus grande consistance.

MANŒUVRE DE LA SONDE.

Lorsqu'il s'agit de descendre la sonde, le treuil à battre doit être, au moyen d'un manchon de débrayage qui le lie à la machine à vapeur, séparé de celle-ci et réduit à l'état de repos, tandis que le treuil à relever, étant celui qui doit entrer en activité, se trouve alternativement lié et délié de la machine, par un manchon d'embrayage et de débrayage.

Quatre ouvriers sont nécessaires à la descente et à la remonte de la sonde. Le premier, ou chef de sonde, doit se tenir au treuil pour la manœuvre du frein et de la machine. Le second se met près du trou de sonde, pour visser ou dévisser les barres, et placer ou retirer la clef de retenue, à mesure que les emmanchements se présentent ; le troisième se tient dans la chèvre à la hauteur des tiges pour les accrocher ou les décrocher du pied-de-bœuf ; c'est ce que l'on appelle un raccrocheur ; et enfin, un quatrième surveille le feu, donne un coup de main au volant, lorsque la machine, arrêtée au point mort, ne peut le dépasser.

Lorsque le chef de sonde veut remonter le pied-de-bœuf à la hauteur de l'extrémité supérieure de la sonde à descendre (nous supposons que l'outil est dans le trou, et que son emmanchement repose sur la clef de retenue), il rend le pignon du treuil, de fou qu'il était sur l'axe de la machine, solidaire du mouvement de ce dernier, au moyen du manchon d'embrayage, il ouvre le robinet de vapeur qui, par une transmission de mouvement, doit se trouver à portée de sa main, et la machine se met en marche : le pignon commande la roue sur laquelle est fixé le tambour de chaîne ; celle-ci s'enroule en enlevant le pied-de-bœuf qui, arrivé à une hauteur voulue, reçoit la partie supérieure d'une sonde présentée par l'ouvrier raccrocheur, et l'enlève jusqu'à la hauteur de l'emmanchement de l'outil que l'on veut lui adjoindre. Le chef de sonde ferme alors le robinet de vapeur, et tout s'ar-

rête pendant que, baissant son frein, il le serre contre sa poulie, qui est fixée d'une manière invariable au pignon, et qu'il rend plus ou moins libre selon qu'il appuie sur son frein ou qu'il le lève; il laisse ainsi descendre doucement la sonde, de façon à ce que l'ouvrier chargé de la visser puisse le faire commodément à l'aide d'un tourne-à-gauche. Ceci fait, le chef de sonde rembraye de nouveau, lève son frein et fait faire une révolution à la machine, afin d'enlever la sonde de dessus la clef de retenue, et de permettre à un ouvrier de retirer celle-ci, tandis que lui, appuie sur son frein, débraye et laisse glisser la sonde dans le trou jusqu'à son extrémité supérieure, laquelle est reçue sur la clef de retenue, pendant qu'une opération analogue recommence pour une autre tige.

J'ai employé, jusqu'à présent, la chaudière fig. 4, pl. 32; je compte, à la première occasion, faire usage de la chaudière cylindrique de M. Ch. Beslay, qui évite toute construction en maçonnerie, et qui est d'un poids moindre.

CHAPITRE VI.

DES DIFFÉRENTS INSTRUMENTS DE SONDAGE

ET DE CEUX QUI SERVENT A LES METTRE EN OEUVRE *.

Outils accessoires. — Outils percuteurs. — Outils rodeurs. — Outils de nettoyage et de vidange. — Outils vérificateurs. — Outils raccrocheurs. — Outils redresseurs. — Engins pour les sondages horizontaux. — Engins pour les sondages dans les angles de murs.

OUTILS ACCESSOIRES.

Un tourne-à-gauche (fig. 1, pl. 2) ou grappin, est un instrument avec lequel on saisit la sonde pour la tourner dans un sens ou dans un autre ; il doit être en fer doux ; le fond de sa fourche est renforcé, arrondi, et non à angles vifs ; de même, la portion que l'ouvrier tient dans la main doit être ronde et adoucie, pour qu'il puisse forcer sans se fatiguer.

Le tourne-à-gauche (fig. 2) est semblable au premier, si ce n'est qu'il porte à son extrémité une lentille qui lui donne du poids, en ce point, et tend à le faire tourner rapidement avec la tige pour le dévissage ou le vissage de laquelle on l'emploie.

La griffe ou clef de retenue (fig. 3 et 4) est une pièce sur laquelle repose la sonde pour la descente ou le relèvement successif des tiges qui la composent. Sa résistance est en raison de sa largeur plutôt que de son épaisseur ; son manche est coudé pour en faciliter le maniement.

* Ce titre ne comprend que ce qui est relatif aux systèmes que je mets en pratique. J'ai éliminé de ce chapitre les instruments pour le retrait des colonnes de garantie ; j'en traiterai au chapitre TUBAGE.

Les fig. 5, 6 et 7 sont des griffes et tourne-à-gauche qui font partie des séries de sondes d'exploration.

La fig. 8 est un tourne-à-gauche double ou manche à vis de pression. Il est composé d'un fût en bois ferré, creusé latéralement suivant la forme des tiges; deux boulons le traversent, l'un AB fait charnière avec une barrière C; l'autre DP, terminé par une partie méplate, est percé d'un trou X, dans lequel on passe une chevillette qui sert à maintenir la barrière fermée. La tige étant enfermée dans la mortaise K, on fixe le manche sur elle en y implantant la vis de pression Z, terminée en pointeau. Pour relever ou abaisser le manche, l'on n'a qu'à desserrer la vis en laissant la chevillette dans son trou, et à la serrer de nouveau lorsqu'il est à la hauteur voulue.

Je me servais anciennement d'un manche (fig. 9) qui est encore en usage chez quelques sondeurs. La tige passe dans une mortaise V, où elle est retenue par un coin en orme S.

Mais ce manche est imparfait en ce que, sur les roches dures, les secousses de la sonde font lâcher le coin, et que l'on est souvent obligé de relever le manche pour le remettre à sa place; il arrivait encore, qu'après avoir rempli la tarière et relevé la sonde d'un mètre, il fallait imprimer de fortes secousses au coin pour le sortir, ce qui avait l'inconvénient d'imprimer à toute la sonde une trépidation qui faisait ébouler la portion du terrain retenue dans la partie supérieure de la tarière.

La fig. 10 est aussi une griffe qui ne diffère de celle fig. 3 et 4 qu'en ce qu'elle se fixe par une chaîne à l'un des montants de la chèvre, tandis que l'autre est arrêtée sur les couvercles du trou par une forte cheville à pattes.

Fig. 11. La clef de relevée prend chaque tige au-dessous du pas de vis pour la remonter du trou de sonde ou pour l'y descendre; elle est composée de deux parties horizontales A et C, réunies par deux branches BB faisant corps avec la première et fixées à la seconde par les rivures de leurs extrémités au-dessous de ladite

pièce, ou par des écrous se vissant sur ces extrémités taraudées; la même pièce C porte une entaille X dans laquelle entre la tige, qui s'y assied sur l'épaulement qu'on lui ménage à cet effet au-dessous du tenon, et y est retenue par une barrière D, mobile autour d'un boulon S, pour l'entrée et la sortie de la tige, et que l'on arrête par une chevillette *t* qui passe dans son anneau et s'implante dans la pièce D, du côté opposé au boulon S.

Fig. 12. Clef Flachat, à laquelle on a conservé le nom de l'habile ingénieur qui, pendant quelques années, s'est occupé de sondages, et y a apporté d'importantes améliorations. Elle se compose d'une plaque à deux branches AB, portant une entaille C, plus grande que la section de la tige de sonde, et entourée sur ses côtés d'une partie aciérée DD. Deux chappes à anneau unissent la clef à la chaîne ou au câble de chèvre. Cet instrument a l'avantage de retenir la sonde à une hauteur quelconque, et sur une partie lisse, par l'effort oblique que le poids propre de la sonde lui fait exercer sur deux arêtes opposées de la mortaise ou entaille. Il est fort utile, pour les accidents surtout, quand, ne pouvant monter une tige jusqu'à l'épaulement pour l'appuyer sur la clef de retenue, l'on est obligé de perdre du temps en manœuvres longues; après avoir fait reposer d'abord la tige sur deux manches à vis de pression ou sur un moraillon en bois, l'on achève de la relever jusqu'à l'épaulement, à l'aide de la clef Flachat, ce qui est beaucoup plus commode.

Fig. 13. La tête de sonde est un emmanchant femelle, portant un anneau tournant très solide, que l'on fixe à la chaîne de chèvre ou à la tringle de devant du levier, pour la percussion. Lorsqu'elle est un peu gaie sur le tenon et que les chocs la font se dévisser, on s'y oppose en entourant autour du mâle et de la femelle une corde en hélice, ou par un moraillon à branches verticales, embrassant à la fois les deux parties de l'emmanchement.

Lorsqu'ayant fini de battre, l'on retire la sonde en la laissant munie de la tête, ce que du reste on peut éviter, il faut, si elle

n'est pas fixée au mâle par le moyen que je viens d'indiquer, et qu'en montant l'on ait à roder, veiller à ce qu'elle ne se dévisse pas; il en résulterait immédiatement la chute de la sonde entière dans le trou. Des accidents de cette nature, qui ne sont le résultat que d'une étourderie ou d'un manque d'attention, arrivent quelquefois et en entraînent de plus compliqués. Ce que je dis du dévissage de la tête de sonde, s'applique aussi à une suite de rallonges ou petites tiges de 1 à 3 mètres, dont la sonde a été allongée pendant la percussion; il faut que le sondeur ait toujours l'œil sur ces différents emmanchements pour en prévenir l'échappement.

Fig. 14. Tête de sonde à galet. Elle ressemble à la précédente, mais, au lieu d'un anneau simple, elle se termine par une chappe tournante, munie au haut d'un galet AA, évidé selon le diamètre du cordage qu'il doit recevoir. Cette tête de sonde s'applique au levier à battre, lorsque l'on emploie un cordage, au lieu de chatnons ou de tringles; ce que, par économie, l'on doit éviter de faire.

Fig. 15 et 16, pl. 19. Tête de sonde ayant à sa partie supérieure un anneau tournant, comme la première décrite, et au-dessous un œil, quelquefois même deux, de 6 à 8 centimètres de diamètre, dans lesquels on passe des leviers qui remplacent le manche de manœuvre ou tourne-à-gauche double. Cette tête de sonde permet d'appliquer une grande puissance à la manœuvre par rotation.

Fig. 15, pl. 2. Tête de sonde à enfourchement tout à fait semblable à celle fig. 13, dont elle ne diffère que par la nature de l'emmanchement, qui est celui d'une sonde à boulons et écrous décrite pl. 1.

Fig. 16. Chappe à chevillette double, dont on se sert comme clef de relevée pour la sonde à enfourchement et à boulons.

Fig. 18. Mordaches de retenue. A des profondeurs considérables, la chute de la sonde donne lieu à des accidents dont la réparation est longue et coûteuse, si l'on ne prend à l'avance toutes les précautions possibles pour les éviter. Voici l'outil dont on se sert à cet effet.

Soit, *ab*CD, une coupe faite par l'axe de l'excavation du sondage; *a'b'c'd'* le plan de cette excavation; deux fortes pièces horizontales FG, *fg*, *f'g*, laissant entre elles un espace rempli par deux échantignoles QQ contre lesquelles elles sont assujetties, à leurs extrémités, par deux forts boulons, sont posées au fond de l'excavation ou assises sur quatre pieux H.H, ou *f'f g'g*. Entre elles se meuvent, par leurs extrémités, autour d'axes *l*,*l*, ou *l'l'*,*l'l'*, de 7 à 8 centimètres de diamètre, deux pièces de bois de $0^m,80$ de longueur, munies de mordaches aciérées PP, PP. Quand elles sont abaissées dans la position à peu près horizontale, ces pièces se touchent, et quand elles se relèvent, elles varient d'ouverture selon les sinuosités ou les saillies des tiges de sonde, en décrivant les axes MN, MN'. Si, par exemple, la chaîne ou le cable de poulie casse, ou que ce soit une rupture du treuil qui amène la chute de la sonde, celle-ci glisse d'abord, mais d'une très petite quantité, entre les mordaches qui, en s'abaissant, l'étreignent et la tiennent suspendue. Les axes *l*,*l* ou *l l'*, *l'l'* sont adaptés à des brides à œil boulonnées, sur les pièces de bois K.K, ou K'.K', et tournent dans de forts paliers entaillés et boulonnés dans les pièces horizontales. Les mordaches sont les parties cintrées de deux brides analogues aux précédentes et fixées de même par des boulons : elles sont piquées en grain d'orge dans le sens de leur abaissement; la sonde est maintenue entre elles par deux taquets X*y* ou X'*y'*; X'*y'* fixes, sur chacune des pièces et dans des sens opposés. Pour soulever les mordaches, lorsque l'on veut ne pas les utiliser, ou pour le passage des instruments, deux crochets à patte Z,Z ou Z',Z' sont cloués sur le flanc des pièces et servent à retenir deux cordes légères passant sur deux poulies RR' posées aussi dans l'excavation et se réunissant en une seule, *u*, qui s'élève au-dessus du plancher où un ouvrier la tire ou l'abandonne selon les besoins.

La grande longueur que je donne aux pièces K.K est importante; d'abord, pour qu'elles soient pesantes, ensuite pour que l'arc NM qu'elles décrivent pour retenir la sonde soit grand et

n'amène pas un choc qu'un plus petit arc reproduirait, et dont le résultat serait de faire casser les pièces ou les ferrements auxquels elles sont adaptées.

Parachute. Un autre moyen plus simple de prévenir l'accident provenant d'une chute de sonde, c'est d'adapter à deux tiges inférieures ou à une seule, un tampon de bois ferré légèrement, ou en tôle; pour éviter la résistance qu'opposerait à la percussion ce corps qui occupe à peu près la surface du trou de sonde, on dispose la tige de manière à ce qu'elle y puisse tourner librement; on donne aussi au tampon un poids spécifique plus grand que celui de l'eau, afin qu'il ne demeure pas sous la saillie des emmanchements.

En même temps que les tampons posés à la partie inférieure de la sonde servent de parachute, ils en atténuent aussi les oscillations lorsque, dans une distance de 200 mètres l'on en met 20 ou 25; on peut les établir en fer côte de vache, et ils ont alors la forme d'une lanterne composée de 3 cercles sur lesquels sont posées les bandes de fer; la hauteur de cette lanterne est d'environ $0^m,35$ pour un diamètre de $0^m,23$; le jeu qu'elle laisse dans le trou de sonde est de $0^m,01$ sur le rayon. L'on évite, par l'emploi de ces manchons, la fréquence des ruptures de tiges qui sont occasionnées par la flexion qu'elles éprouvent après chaque choc; l'on peut aussi par ce moyen employer, pour le percement des roches très dures, de faibles tiges de $0^m,03$ de côté, par exemple, en munissant chaque emmanchement d'une lanterne qui retombe à chaque choc sur une frette posée à chaud sur la femelle, et qui ne fait qu'ajouter à sa solidité.

Ce moyen d'éviter l'affaissement des tiges sur elles-mêmes, n'est applicable que dans la partie tubée du sondage, ou dans celle dont les couches de terrain sont compactes; dans celles qui sont sujettes à se désagréger, il faut en éviter l'emploi, parce que la chute de leurs fragments engagerait les manchons, et par suite la sonde.

CASSE-PIERRES ET TRÉPANS.

Les trépans divers, casse-pierres, étoiles, etc., sont destinés au percement des roches dures, mais on emploie également les premiers pour le passage des couches d'argiles, de marnes, de sables durs ou argileux. Lorsque les sondages sont de grand diamètre, il faut avoir au moins 2 ou 3 trépans pour chaque trou de sonde; cette raison m'a déterminé à faire ces outils à lames rapportées en acier fondu, et à l'aide desquels, pour plusieurs calibres, il n'y a qu'une substitution de lames à faire; j'y ai gagné, en outre, pour la qualité des taillants et la commodité de l'affûtage qui devient aussi moins coûteux.

Les casse-pierres massifs et les étoiles ont été réformés, ou à peu près; ils ne sont employés que dans des cas exceptionnels pour broyer un éclat de roche ou un rognon dur. Ces instruments d'exécution difficile, coûtaient beaucoup plus qu'ils ne produisaient, et leur rupture dans le sondage était beaucoup plus difficile à réparer que celle d'un outil plat qui laisse de l'espace sur les côtés pour les outils raccrocheurs.

Fig. 3, 4, planche 9. Les premiers trépans, ceux dont je me servais avec les tiges à boulons, étaient de simples lames à biseau aciéré.

Fig. 5. Casse-pierre ou trépan à deux tranchants, perpendiculaires l'un à l'autre.

Fig. 6. Boucharde qui ressemble tout à fait au casse-pierre (fig. 5), si ce n'est que sa masse est cylindrique au lieu d'être prismatique.

Fig. 7. Casse-pierre servant en même temps d'alésoir, parce que ses arêtes longitudinales ont de l'étendue.

Fig. 8. Bonnet de prêtre, ou étoile; la figure le fait suffisamment connaître.

Fig. 9 et 10. Trépan qui est le perfectionnement de celui

fig. 2, par le teton A B, qui fait suite au taillant principal. L'on conçoit quels inconvénients ont, pour la percussion, les emmanchements à boulons de ces différents outils. Il m'en est resté, dans les premiers sondages que j'ai exécutés, un grand nombre, parce que les emmanchements prenant un peu de jeu, les boulons tombaient; ceux des tiges supérieures venaient faire nombre, et j'avais non seulement les trépans et les tiges à retirer du trou de sonde, mais encore les boulons et les écrous à broyer sur la roche si je ne parvenais à les extraire au moyen de la tarière ou de la soupape que je garnissais de glaise. J'ai, après l'emploi des tiges à boulons, fait usage de celles à vis, et c'est une méthode que je pratique et conseille pour les instruments soumis à la percussion.

La fig. 10 est le profil du trépan figure 9, dont il ne diffère que par la forme de l'emmanchement.

La fig. 11 est un trépan fendu; le fond de son entaille est en biseau aciéré comme les deux parties du taillant inférieur; on le fait alterner avec celui à teton dans les roches dures. Celui-ci laisse une couronne que le trépan fendu enlève promptement, en laissant à son tour un témoin cylindrique, que le premier casse de suite; l'on trouve à ce système de l'économie, mais dans les roches dures seulement, sur l'emploi continu d'un trépan de même forme.

Fig. 12. Trépan à oreille simple. Il reste quelquefois dans le trou de sonde des aspérités laissées par le trépan dont je viens de parler. Dans certaines couches, il est difficile de les éviter, mais, dans beaucoup d'autres, elles résultent de l'inexpérience du sondeur ou du manque d'attention qu'il apporte à sa besogne. Lorsqu'il travaille avec un trépan simple à biseau, dans une roche dure mais homogène, il doit le changer de place régulièrement, de manière à attaquer tous les points de la circonférence du tracé; quand, au contraire, il lui fait parcourir un arc tantôt grand, tantôt petit, la sonde ne tarde pas à descendre plus d'un côté que

de l'autre : c'est qu'alors il s'est formé une corne d'autant plus difficile à abattre qu'elle est plus haute, sa base s'élargissant toujours, et qui circonscrit le chemin du trépan dans d'étroites limites. Si cette corne ne peut être abattue en rodant, et qu'en battant l'on n'y parvienne pas de suite, il est important d'interrompre la sonnerie et de remplacer le trépan simple par un trépan à oreille. La figure 13 est le profil de l'instrument dont on voit plus bas le plan.

Figures 14-15, trépan à oreille double. Pour éviter les cornes dans les roches dures, l'on emploie aussi, sans discontinuer, un instrument pareil au précédent, excepté qu'il porte deux oreilles *a*,*a*, placées un peu au-dessus des taillants et un teton ; les oreilles occupent un diamètre de 2 à 3 millimètres plus petit que celui des taillants et mettent au rond, moins cette différence, le trou de sonde que le rodage avec un trépan frais de calibre achève d'unir. Les deux oreilles sont, pour d'autres cas, disposées comme celle B de la fig. 12, et on leur donne, au besoin, une largeur égale au tiers ou à la moitié de la circonférence du trou. Pour mettre au diamètre ces trépans à taillants circulaires, ainsi que les trépans simples de toutes natures, le forgeron ne doit pas se servir seulement d'un compas d'épaisseur, mais d'un calibre en tôle (fig. 18) dont l'ouverture *ab* soit exactement la figure du trépan. Tous les trépans, surtout ceux à oreilles ou taillants circulaires, lorsqu'ils doivent percer des roches dures, ne peuvent pas être mis au calibre à chaud, à moins que le forgeron n'ait une grande habitude du retrait qu'ils éprouvent en les mettant à l'eau. Il convient, le plus souvent, après qu'ils sont ébauchés au marteau, de les laisser refroidir pour les mettre au calibre avec la lime et le burin, en les tenant toutefois un peu justes; la trempe leur rend alors leurs dimensions exactes.

Les fig. 3 et 3 *bis* représentent un trépan à lames rapportées; le fût a ici $0^m,18$ de diamètre (*voy.* A et A.A.A.A.) dans les deux projections; ses arêtes sont abattues pour éviter tout en-

gagement dans les débris de terrains ; il est évidé de manière à recevoir des lames en acier fondu ou ordinaire, ayant en haut la forme triangulaire CBD, et terminées par des taillants en acier fondu, simples ou de formes qui varient selon le besoin ; ces lames ont 2 centimètres et demi d'épaisseur seulement pour un diamètre de $0^m,25$. Elles sont fixées au fût, par des boulons tournés, à tête en partie noyée, et de $0^m,04$ de diamètre ; leurs écrous sont plats en dehors et convexes en dedans, la partie convexe est noyée dans l'épaisseur des joues du fût; pour éviter l'inconvénient de leur dévissage, et bien que cela doive rarement avoir lieu vu le diamètre du pas de vis, on les arrête par un prisonnier à vis posé sur un angle de l'écrou. On munit encore l'écrou d'une queue de 4 centimètres de longueur, à l'extrémité, et dans le fût de laquelle s'implante le prisonnier à vis en acier, terminé par une pointe. Une série de lames de formes et de diamètres différents, compris entre $0^m,18$ et $0^m,30$, peuvent être adaptées au même fût; au lieu de porter à la forge un trépan ordinaire d'un poids énorme, l'on enlève simplement la lame et l'on garde le fût à l'atelier.

Les lames d'acier fondu se soudent aux tiges de fer et forment des trépans simples, qui rendent, dans certains terrains, de grands services en raison de leur peu d'épaisseur; dans les argiles, par exemple, dans les marnes pures, dans les sables qui se tiennent, l'on peut ne donner à ces lames en acier, que 1 centimètre et demi d'épaisseur, et l'on conçoit quel avantage elles ont sur celles de trépans ordinaires qui ont 3 et 4 cent. Cet avantage est tel, qu'avec une lame épaisse et des biseaux émoussés, les argiles surtout sont inattaquables, tandis qu'avec ces lames effilées elles se laissent facilement traverser.

Fig. 16 et 17. Quelques trépans ordinaires ont un téton A rapporté avec boulons; on les emploie dans de grands diamètres pour des terrains dans lesquels un long téton produit un bon effet.

Fig. 19. Trépan à oreilles, guide. J'ai dit plus haut que l'on a quelquefois avantage à se servir alternativement d'un trépan

fondu et d'un trépan à téton; de même, lorsque les roches sont d'une telle dureté que, sur un grand diamètre, on les traverse avec une lenteur décourageante, et que cette dureté est continue, c'est-à-dire lorsqu'aucun banc de marne ou d'argile n'alterne avec elle, l'on trouve avantage à employer deux trépans de différents calibres : ainsi, pour un diamètre de trou de sonde de $0^m,25$, l'on marcherait d'abord à $0^m,13$ ou 14, et l'on élargirait ensuite à $0^m,25$. Soit B, le trépan de $0^m,13$, il est adapté par un emmanchement à un trépan à oreilles A A', du diamètre de $0^m,25$ dont le but est d'abattre les aspérités qu'aurait laissées un trépan simple de $0^m,25$; de cette manière l'on économise un peu le temps employé à égaliser le trou, puisque le trépan à oreilles y pourvoit en même temps que l'approfondissement continue; l'on est certain aussi de la marche verticale du petit trépan à travers des couches qui tendraient à l'en faire dévier.

Dans des recherches d'eaux jaillissantes, l'on a souvent à traverser d'épaisses couches de sables qui comblent le trou sur 8 à 10 mètres de hauteur et sous lesquelles se trouve un banc de grès ou de calcaire, recouvrant une nouvelle nappe dont l'élévation chasse aussitôt les sables au sol et déblaie complétement le trou; mais les outils de gros calibre ne peuvent pas pénétrer jusqu'à la fin de ces couches de sables pour attaquer la roche; d'un autre côté, leur extraction avec les soupapes à boulet, à la sonde ou à la corde, est insuffisante, parce que la couche en amène autant et plus que cet instrument en retire; c'est alors le cas de persister à traverser cette couche par un travail vigoureux et non interrompu de jour et de nuit, à l'aide de deux brigades d'ouvriers qui se reposent alternativement. En battant rapidement avec une simple tige arrondie (fig. 19 *bis*, pl. 9), d'une longueur, autant que possible, égale à l'épaisseur des sables, et terminée en biseau aciéré, on finit par pénétrer jusqu'à la fin de ceux-ci, et l'on attaque et achève de percer la roche sous laquelle on trouve le but de ses efforts. La tige n'est sujette à aucun engagement dans

les sables, puisqu'elle ne représente aucune surface saillante.

Lorsque le diamètre du sondage est très petit, de 0,07 par exemple, l'on peut remplacer la tige de fer dont nous venons de parler par une tringle en acier dont la résistance sera égale à celle de la première, bien qu'elle soit plus petite; ainsi, avec une tringle aussi exiguë, l'on pourra pénétrer de 15 mètres dans les sables; cette longueur n'est pas une difficulté qu'on ne puisse surmonter. Le passage de certains sables est souvent une chose énigmatique pour les personnes qui ne connaissent pas un sondage, et même pour les ouvriers qui n'ont pas acquis d'habitude dans le métier. Le sondeur qui dirige la percussion se fatigue, s'impatiente en voyant sa persévérance inutile, et conclut enfin qu'il est impossible de traverser une couche de sable sans la tuber, ou bien encore d'achever le percement d'une roche recouverte par des sables. Cependant, sous cette roche, existe peut-être la nappe qu'il cherche et dont l'ascension nettoierait de suite le trou de sonde mieux que tous les voyages de soupape à boulet.

Pour traverser une roche recouverte par des sables, il faut, avec la tige arrondie mentionnée plus haut, frapper à coups précipités et d'une faible hauteur : 3 à 4 centimètres, quelquefois un seul centimètre; une vingtaine de coups donnés ainsi seront fructueux, c'est-à-dire feront gagner un peu de fond, puis, en continuant de la même manière, la sonde remontera de 10 ou 15 centimètres, et ses coups ne porteront plus que sur les sables. C'est là que l'impatience de l'ouvrier commence; cependant, s'il persiste à continuer son travail, il interrompra la percussion et fera roder jusqu'à ce que la sonde rejoigne de nouveau le fond; quelques coups encore produiront plus ou moins d'effet, alors on recommencera le rodage; l'on réitérera cette manœuvre pendant deux heures, une journée même, sans en rien obtenir, et à l'instant où l'on s'y attendra le moins, la percussion ira mieux, et la roche se laissera percer; s'il existe de l'eau au-dessous, toutes difficultés seront à l'instant vaincues; s'il en est autrement,

l'on continuera de la même manière à travers les roches et sables, en allongeant la partie arrondie de la tige du trépan, autant que cela devient nécessaire, mais l'important est d'imprimer à la percussion la plus grande rapidité possible ; toutefois, si l'épaisseur des sables dépassait 15 mètres, il faudrait avoir recours à un tubage ou à la pompe foulante.

Fig. 20. Trépan et guide cylindrique. Lorsque, dans des couches régulières de roches, l'on rencontre une fissure, une faille qui tende à faire incliner le trépan, et que le guide à oreilles (fig. 19) ne suffit pas pour s'y opposer, l'on a recours à un tuyau de forte tôle dont on enveloppe la tige du trépan, et à laquelle on donne une longueur convenable, 3 mètres par exemple ; le tuyau est tenu à la tige par chacune de ses bases, au moyen de deux branches à double coude, clouées sur la tige et sur le tuyau ; nous verrons plus tard les instruments qu'on emploie pour le redressement d'un trou de sonde dans des circonstances difficiles.

Au lieu d'un tuyau qui, ajusté à la tige du trépan comme je viens de l'indiquer, peut suffire dans certains cas, il est d'autres cas où, pour être assez solide, il doit être fixé avec deux frettes coniques ; l'on soude alors, au-dessus de la lame du trépan, une lame *efgh* (fig. 20) de 0^{m},50 à 1 mètre de hauteur, selon que le demande le terrain. L'on emploie encore le trépan (figure 19 *bis*) dont la lame a 1 mètre de hauteur, dans les terrains où les outils à lames courtes pourraient prendre une mauvaise direction.

Fig. 21. L'aérage d'un trou de sonde dans des terrains secs et tendres ne nécessite pas toujours des instruments fort solides. Le trépan à deux branches que la figure indique, peut être employé à cet effet dans des craies, dans certains schistes houillers. On l'emploie aussi pour dégager un instrument rompu au fond du trou, des débris en gros fragments qui l'entourent.

Fig. 22. Trépan à oreilles du sondeur Kinnd. Son taillant est circulaire et recouvert par deux oreilles *a'a'a'a'*, *bbbb*, dont les angles *b*, *b*. *b*. *b*., occupent le même diamètre que le taillant et

abattent les aspérités que celui-ci aurait laissées en descendant.

OUTILS MUS PAR ROTATION.

Tarières.

Les tarières sont appliquées au percement des terrains tendres, tels que certaines craies marneuses, des argiles, etc., à une petite profondeur. Leur emploi est plus économique que celui du trépan, mais, lorsque les voyages deviennent longs, il convient d'employer ce dernier de préférence. Les tarières sont souvent plus utilement mises en œuvre pour le retrait des débris, pour l'alésage du trou de sonde et la prise de fragments d'outils rompus. Sous de petits diamètres, elles suffisent souvent sans qu'elles soient accompagnées d'autres instruments pour explorer le sol à peu de profondeur, c'est-à-dire 20 à 30 mètres; sous de plus grands, c'est le seul outil qui convienne avec la langue américaine, pour des trous peu profonds (de 1 à 2 mètres) destinés au placement de pieux qui n'exigent pas une grande solidité, ou pour des puisards appropriés à l'agriculture. C'est avec la tarière que l'on ouvre un sondage dans les couches meubles, quel que soit son diamètre, et que l'on fait descendre la colonne de garantie qui doit les intercepter. La forme de cet outil varie suivant la nature des terrains dans lesquels on les emploie.

Fig. 1, pl. 10. Tarière à talon *a* ou *aaaaa*, ou à mèche, un peu couchée pour le passage des couches meubles voisines du sol, tels que sables argileux, etc., ou pour le retrait des débris dans un sondage de grand diamètre quelle qu'en soit la profondeur. Son arête D, est en dehors de la circonférence sur laquelle se trouve le point C.

Fig. 2. Tarière sans talon, à mèche moins courbée, plus mordante, fermée un peu vers le haut pour le percement des craies très tendres, de certaines marnes, de sables argileux, sur un diamètre moyen et à des profondeurs de 20 à 30 mètres.

Fig. 3. Tarière fermée, composée d'une tarière ordinaire close verticalement par un demi-cylindre en fer battu, fixé à la tarière par deux broches Y, X, Y' passant dans plusieurs tenons et mortaises, pratiqués les uns sur la tarière, les autres sur le demi-cylindre. Cet outil est destiné au retrait des matières déliquescentes ; il porte un talon X qui en prévient la chute.

Fig. 4. Tarière très ouverte sans talon, mèche droite, analogue à quelques tarières de charpentier, longue et diminuant un peu de diamètre vers le haut, spécialement destinée au passage des argiles et de tous les terrains peu durs qui, comme les argiles, peuvent se mouler sur elle et y demeurer adhérents ; c'est avec cet instrument que les sondeurs ramènent au sol ce qu'ils appellent des carottes.

Fig. 13. Tarière un peu moins ouverte que la précédente, mèche coupante et peu couchée, à talon, à arête saillante pour le retrait des débris en même temps que pour l'alésage du trou de sonde.

Fig. 12. Tarière rubanée, de petit diamètre, à talon, combinée avec une langue américaine pour le passage d'argiles tendres.

Fig. 5. Tarière presque entièrement fermée, mèche fortement inclinée, talon large et laissant entre lui et la mèche un vide de 0,04 à 0,08, courte, arêtes droites ou en hélice ; diamètre petit, comparativement à celui de la colonne dans laquelle elle travaille et qu'elle est destinée à faire descendre, en retirant les cailloux et sables qui en embarrassent la base. Il sera question de cet instrument au chapitre des opérations de tubage, je me dispense donc de le décrire plus longuement ; je dirai seulement que, lorsque l'on n'a pas à l'atelier une tarière du calibre demandé par la colonne, l'on peut, si une grande tarière est en mauvais état, la faire fermer au diamètre voulu ; le talon peut se rapporter à l'intérieur avec des vis. Lorsque l'on n'a que de petites tarières ouvertes, l'on y adapte une plaque longitudinale avec rivets, et l'on obtient la forme demandée.

Langues américaines ou de serpent.

Pour le percement de certaines couches, ces langues donnent à peu près les mêmes résultats que les tarières ; les unes sont employées dans les argiles compactes, les autres dans des terrains peu résistants ; enfin elles servent quelquefois à l'alésage du trou, ainsi qu'au retrait des débris. Elles sont en fer battu et aciéreés dans toute leur hauteur.

Fig. 15. Langue américaine dite Hardi, en fer épais, arêtes en hélices, allongées, aciérées et bien coupantes ; on l'emploie dans les argiles compactes en la faisant alterner avec la tarière de même diamètre.

Fig. 6. Langue longue de 2 et 3 mètres, hélices allongées, servant au retrait de certaines marnes ou argiles coulantes. Elle doit être employée avec précaution dans des resserrements de terrains et avec une sonde à vis surtout, parce que, lorsqu'elle est engagée, ses arêtes contournées rendent son retrait difficile.

Fig. 7. Langue à nombreux tours d'hélice, propre au passage de terrains maigres, tels que sables secs et agglutinés, ou marnes sableuses.

Mèches anglaises.

Dans le système de forage par rotation, dont je parlerai dans un autre chapitre, l'on emploie la mèche anglaise, ainsi que beaucoup d'autres instruments, pour le passage des roches dures ; ce sont des couronnes dentelées et soigneusement aciérées, des lames circulaires striées suivant des rayons, etc. Mon système n'étant pas celui de la rotation exclusive, je n'ai conservé des instruments qui s'y rapportent que la mèche dite anglaise, qui me paraît propre au passage d'argiles ou marnes très compactes (fig. 16). Comme c'est un instrument connu, je n'ajouterai pas de détail à la figure.

Tire-bourres.

Les tire-bourres sont destinés au retrait des cailloux roulés ou à

celui des outils cassés dans le trou de sonde (fig. 14). Ils sont à une ou à deux hélices, en fer large sur champ ou en fer rond. Leur solidité consiste principalement dans la naissance de l'hélice sur leur tige. Quelle que soit la force du fer, il faut roder légèrement avec le tire-bourre, parce que l'hélice se rompt souvent ou s'ouvre au-delà du diamètre du trou. On l'emploie aussi pour le passage de certains sables dans lesquels il fait l'office de la tarière ; si les sables sont gras, ils restent dans les tours d'hélice ; mais son emploi le plus utile est pour enlever les gros fragments de silex dans la craie.

Alésoirs.

Les tarières et les langues de serpent servent, dans quelques cas, comme alésoirs, mais il en est d'autres où elles sont insuffisantes ; par exemple, dans les terrains tendres en masses, mais contenant çà et là des plaquettes ou des rognons durs, la tarière ou le trépan qui les a traversés, a souvent laissé de côté les parties dures, ou du moins n'a fait que les entamer, de sorte que la distance horizontale qui sépare ces irrégularités, prises à différentes profondeurs, n'est pas égale au diamètre du trou primitivement adopté. Il est encore nécessaire, pour produire un alésage régulier, d'attaquer à la fois plusieurs de ces parties saillantes, et, pour cela, d'employer des alésoirs d'une grande longueur. J'indiquerai seulement ici quelques-uns des alésoirs ordinairement employés, et, lorsqu'il sera question du redressement d'un sondage, je donnerai de nouveaux détails sur ce sujet.

Fig. 8. Alésoir à 4 branches de 6 mètres de longueur. Une tige AC passe entre deux rondelles en fonte D, D′ *d*, (fig. 8^1) ; elle repose sur la première, à l'aide de son embase B, et est tenue sur la seconde, par un écrou M. Les rondelles D, D′ maintiennent 4 tiges aciérées sur une arête seulement, au moyen d'écrous EEEE, *eeee* (fig. 8^1). Deux plaques HH, HH entaillées à leurs angles, reçoivent les tiges *y*, *y*, *y*, *y*, (fig. 8^2), et s'opposent à leur flexion ; ces plaques sont retenues en dessus et en dessous par de simples clavettes *ff*, *ff* (fig. $8^{1 \text{ et } 2}$).

Cet alésoir a l'avantage d'être applicable à plusieurs diamètres sans nécessiter de longs changements; pour l'agrandir, par exemple, il suffit de donner aux plaques H H plus de largeur, de courber un peu les tiges *y*, *y*, *y*, *y*, et d'assurer plus loin l'écrou de la tige qui sert d'axe. Il produit un bon effet dans des terrains peu durs et peu difficiles; mais, dans des marnes sans consistance, avec calcaire dur et en blocs, telles, par exemple, que celles du terrain salifère, il ne présente pas assez de rigidité. Cet alésoir, ou longue lanterne, rend le trou parfaitement cylindrique, et ramène, lors de son retrait au sol, une grande quantité de déblais. Par exemple, si, dans la craie, une des arêtes ayant déraciné un rognon de silex dont une corne passait l'arête suivante, le fait ébouler, il est retenu dans l'espèce de cage formée par la réunion des quatre tiges; le retrait des rondelles permet de réparer cet outil volumineux avec beaucoup de facilité et peu de dépense; avant que je n'eusse imaginé de faire cet équarissoir de pièces détachées, il fallait, pour redonner du tranchant aux arêtes, le chauffer dans une espèce de four à réverbère, et dépenser une quantité énorme de charbon.

Fig. 10. Alésoir à 4 branches soudées à leurs extrémités, et à une tige A, réunies et fixées solidement entr'elles par des boulons Y, X, à tête rectangulaire et à écrous plats. Cet outil est plus invariable que le précédent; on peut en augmenter le diamètre en donnant aux boulons-entretoises X et Y plus d'épaisseur; il est moins facile à réparer que le premier, dont les tiges s'enlèvent séparément pour en rabattre les arêtes, et je ne l'emploie que dans les diamètres au-dessous de $0^m,15$.

Fig. 9, 10^1, 10^2. Alésoir cylindrique à une seule lame longitudinale 10^1, ou à deux 10^2 encastrées à queue d'aronde dans le cylindre; on le construit aussi avec un tube en fer battu, dans lequel passe la tige, vissée dans un écrou à la partie inférieure; la lame aciérée s'introduit, dans ce cas, avant la tige, dans le tube où elle se trouve maintenue par la tige elle-même; il est d'un bon

emploi dans les terrains durs, et n'est sujet à aucun accident. Lorsque le diamètre du tube est trop grand, par rapport à la tige, pour que la lame soit maintenue comme je l'ai indiqué, on entoure cette tige d'un tuyau en bois qui remplit le tube en fer et qui tient la lame à sa place.

Fig. 11. Trépan-alésoir à 6 lames, employé par M. Mulot. La tige A de l'instrument est terminée par une forte embase B, dans laquelle se visse celle du trépan B (vue ici de profil); les lames des tranchants sont ajustées à queue d'aronde dans l'embase B, dans une pièce cylindre C, ainsi que dans un manchon intermédiaire S; l'entrée de la tige du trépan, dans l'embase B, est limitée par un T D, qui consolide le tout par sa pression sous le manchon inférieur C. Pour s'opposer au dévissage de la tige, le manchon C est traversé par un goujon, qui s'implante dedans. Cet instrument peut, du moins, s'expliquer ainsi; s'il n'est pas tout à fait en rapport avec la description que j'en donne, c'est que je ne l'ai vu que dans son entier, à l'exposition des produits de l'industrie, et non en détail.

INSTRUMENTS DE NETTOYAGE ET DE VIDAGE.

Pour retirer du trou de sonde les débris liquides formés par le trépan, ceux qui se sont détachés des parois, ainsi que pour épuiser les sables fluides, l'on emploie des tuyaux munis de soupapes sphériques, dites tarières à soupape, et tarières à boulet. Les premières fonctionnent dans les débris de terrains cohérents, et dans les vases; les autres dans les sables, plus spécialement. Les tarières à nettoyer sont longues ou courtes, suivant les terrains que l'on traverse et la profondeur à laquelle est poussé le sondage. Dans une roche continue, par exemple, une tarière soupape est courte, parce que la quantité percée par un ou deux trépans nouvellement affûtés a produit peu de détritus, et que le fouettement de la sonde en a peu amené des parois du trou de sonde; au contraire, dans les couches où chaque voyage de trépan produit,

à une grande profondeur, 0m,60 à 1 mètre d'avancement, ou dans les roches d'une grande dureté, recouvertes par des couches sans consistance, l'instrument doit avoir une longueur de 4 à 5 mètres et quelquefois plus.

Pl. 11, fig. 7. Tarière à soupape courte, pour les petites profondeurs et dans les terrains résistants. La tige A est adaptée au tuyau par une fourche dont les branches sont épaulées en B et D, de manière à recevoir l'épaisseur de la tôle dudit tuyau, et descendent en C, C; elles sont assez larges pour recevoir 2 ou 3 rangées de rivets ou de vis, lorsque le sondage est profond; dans d'autres cas une seule rangée suffit. La mèche est analogue à celle d'une tarière ouverte, sans cependant lui être tout à fait semblable, et se termine en une frette par laquelle elle s'adapte au tuyau. Sur la couronne en saillie que laisse ladite frette à l'intérieur, tombe une soupape en fer battu, fixée à l'une des branches *ij*, d'une charnière dont l'autre branche est élevée dans le tuyau. La soupape du clapet est retenue par une traverse *ef*, qui ne lui laisse faire avec le plan de la frette qu'un angle de 25° environ.

Dans les petits et les moyens diamètres, l'on charge quelquefois la soupape pour la forcer de s'abaisser dans des terrains graveleux ou gras.

Pour les grands diamètres, l'on emploie des soupapes doubles, (fig. 8), que l'on charge de poids en plomb.

Fig. 9. Tarière à soupape de grande longueur, se vidant par le fond au moyen du dévissage de la mèche. Le tuyau porte une frette filetée dans laquelle s'adapte la mèche; celle-ci est munie d'une frette mince A, sur laquelle bat la soupape *k*, mobile par une charnière, dont une des branches *c* est élevée sur la mèche, l'autre sur la soupape. Pour dévisser la mèche on la serre dans un collier, puis, quand on a tourné deux ou trois filets, on achève de la dévisser à la main, et l'on enlève le tuyau à la hauteur d'un tonneau dans lequel on laisse tomber les débris.

Lorsque ces grandes tarières à soupape se vident par le haut,

on les renverse et on les élève par une corde passant sur une poulie fixée à l'un des montants de la chèvre. Si cette longueur dépasse 6 mètres, l'on fait bien de les composer en deux parties adaptées à vis, pour les nettoyer chacune séparément.

Fig. 11. Dans les terrains maigres, contenant des fragments de roches ; dans les craies à silex, il arrive souvent que, les clapets ne se fermant pas, l'on fasse un voyage inutile et que les débris soient sortis de la tarière quand elle remonte au sol. A une grande profondeur un voyage inutile doit être autant que possible évité, et, pour cela, il faut ne remonter l'instrument à nettoyer que lorsque l'on est sûr que ses clapets sont fermés.

Une tige AD se visse dans l'anse du tuyau, et est retenue à sa partie inférieure par une traverse B; lorsque l'on descend l'instrument, la vis est au haut de sa course, et, quand il est plein, il suffit de tourner la vis pour fermer les clapets *f*,*f*, qui reposent sur deux plaques *h h* ou sur des goujons saillants.

Fig. 12 et 12 (bis). La tige A porte une nervure *d'* entrant dans une rainure *d*; elle est tenue à l'anse du tuyau par une forte goupille *c*, l'anse porte au-dessus un petit talon X contre lequel butte la nervure D; quand on descend l'instrument, l'on commence par y faire pénétrer les débris ; lorsque cela est fait, l'on tourne à gauche jusqu'à ce que la nervure *d'* rencontre l'ouverture *d* et y descende, de manière à ce que le point *d'* soit au-dessous de l'anse, où, en le tournant, on le fait entrer dans une petite entaille. Pour vider l'instrument, l'on enlève la clavette *c*, puis la tige, et l'on renverse le tuyau.

Fig. 10. Tarière à boulet pour l'épuisement des sables. Le tuyau porte à sa base une frette *abcdef*, évidée coniquement à ses deux bases ; sur le cercle *cd* tombe un boulet *j*, plein si le diamètre est petit, creux ou en bois s'il est grand, et qui est retenu par une traverse *g* ou par une muselière située à une hauteur telle, que l'espace laissé par le boulet remonté en *j'*, au-dessus du cercle *cd*, et celui qui existe entre son grand cercle et le tuyau, soient à

peu près les mêmes. A la base de la frette s'adapte une langue courte ou une mèche de tarière, semblable aux précédentes ; dans ce dernier cas, la mèche et la frette qui reçoit le boulet sont une seule pièce.

Cet instrument est fort simple ; le descendre et le tourner au fond, dans des sables, paraît être aussi une chose très facile ; cependant lorsque l'on n'en a pas l'habitude l'on n'en tire aucun effet. Pour remplir le tuyau de sable, au lieu de roder doucement ainsi qu'on le fait avec les outils précédents, il faut donner à la sonde un mouvement de tige de pompe ; l'on élève le tuyau de 20 centimètres dans certains cas, de 2 centimètres seulement dans d'autres. Au moment où il remonte, les hommes tournent la sonde en marchant au pas ; lorsqu'elle descend, ils lui impriment un mouvement aussi rapide que possible. Les hommes qui manœuvrent le treuil doivent aussi y mettre beaucoup d'activité.

Dans les sables argileux, les mouvements sont plus longs et moins pénibles.

ÉPUISEMENT DE SABLES A LA POMPE.

Fig. 13. Il est des sables fluides qui se prennent très bien par la tarière à boulet attachée à une corde ; il y a dans ce cas économie à mettre la sonde de côté. La base du tuyau est mue par les tarières à boulet et à corde ; cependant l'on y adapte quelquefois une lame courte de trépan, pour les employer au retrait de débris maigres et graveleux.

La tarière à boulet a remplacé le bonnet chinois (fig. 15), dont l'effet était à peu près nul, et dont on laissait souvent le crochet en hélice au fond du trou.

Il est un moyen simple, qui est pour quelques sables le seul applicable, et dont l'effet est infaillible, c'est l'emploi d'une pompe aspirante et foulante dont le tuyau d'ascension est descendu, armé d'une lance, dans le sondage et tout près de la couche de sables qu'il s'agit d'épuiser. Une pompe à incendie est la meilleure machine

que l'on puisse employer à cet effet. Le contre-maître des travaux peut emprunter aux autorités celle de l'endroit où il se trouve, en s'offrant, toutefois, à fournir les tuyaux de chanvre qu'il doit descendre dans le trou de sonde, quoique cette expérience ne puisse détériorer ceux de la commune. Si un réservoir quelconque d'eau n'avoisine pas l'atelier, il s'en fait un approvisionnement dans des tonneaux, pour remplir le réservoir de la pompe; le tuyau descendu, il fait commencer le pompage, et il a soin de soulever et d'abaisser le tuyau continuellement, pour éviter son emprisonnement par les sables, que ne tardent pas à charrier les eaux de la nappe qui les contient, mêlées à celles que l'on refoule. De cette manière, l'on débarrasse complétement une nappe des sables qui l'engorgent, et l'on pénètre de 8 à 10 mètres au-dessous si leur masse se continue; l'on n'aurait pu obtenir ce résultat que très lentement avec la sonde ou avec la corde munies de la tarière à boulet. L'emploi de la pompe foulante, en usage depuis plus de quinze ans, vient d'être appliqué, comme moyen général de sondage, par M. Fauvelle; nous avons exprimé nos doutes sur la possibilité d'obtenir partout de bons résultats.

TUYAU-ÉPROUVETTE.

Lorsque l'on va à la recherche d'eaux douces dans des couches contenant des sources salées, ou lorsque, dans les terrains salifères proprement dits, l'on veut connaître le degré de saturation des eaux du fond, il est nécessaire, pour expérimenter exactement, d'en obtenir une certaine quantité qui ne soit pas mélangée avec celles qui l'environnent; il faut donc la remonter au sol, en vase clos, de l'endroit où elle se trouve.

L'éprouvette figure 14, est composée d'un tuyau adapté à une anse A dans la douille duquel passe une tige C taraudée sur une hauteur de 15 centimètres, et qui porte quatre soupapes coniques *b d b' d'*, destinées à fermer ou à ouvrir des ouvertures pratiquées dans les frettes *y y' y'' y'''*; le bas du tuyau est terminé en forme

de A, pour qu'il ne tourne pas lorsque l'on fait mouvoir la vis. Lorsque le trou de sonde est sale, on isole le tuyau du fond, par une tige de la longueur nécessaire, s'adaptant en *h* d'une manière quelconque.

L'instrument descendu à fond et la vis étant au haut de sa course, interceptant par les soupapes $y y''$ l'espace compris entre y et y'', on l'abaisse ; l'eau monte de y''' en y', et y est retenue par la fermeture des orifices ff'. Il serait inutile de dire que cette éprouvette doit être construite avec soin, et les soupapes coniques rodées à l'émeri.

SONDAGES A GRANDS DIAMÈTRES.

La nature des terrains qu'un sondage doit traverser sur une grande profondeur, nécessite une ouverture que l'on doit pousser quelquefois jusqu'à $0^m,40$ et $0^m,50$. Les trous de sonde employés comme puits d'aérages, dans l'exploitation des mines, ont le plus souvent le diamètre de $0^m,25$ à $0^m,30$; mais ce diamètre est, dans des cas exceptionnels, porté à $0^m,40$ et plus. Un sondage à exécuter sur une pareille échelle demande d'abord des tiges tout à la fois solides et légères, car si l'on proportionnait une tige en fer à la grandeur du diamètre, de telle sorte que, dans les deux cas, la résistance fût la même, calcul fait du rapport qui existe entre le levier représenté par le rayon des instruments, et la demi-longueur du manche de manœuvre, ces tiges deviendraient d'un poids pour lequel il faudrait de suite établir un moteur. Je crois que les tiges en bois dont j'ai parlé précédemment peuvent remplacer utilement les lourdes tiges en question, sur lesquelles elles ont l'avantage d'une extrême légèreté, d'un poids presque nul ; en outre, elles sont sans élasticité, ce qui leur permet de ne pas dégrader, par le frottement, les parois du trou de sonde.

Ces larges trous peuvent se faire à l'aide d'instruments ordinaires, trépans, tarières, etc. ; mais si, au diamètre de $0^m,23$, de 0,18 même, l'on est obligé de marcher, dans de certaines roches,

à deux trépans, c'est-à-dire de faire un premier trou de 0^m,20 à 0,30 de profondeur, que l'on élargit ensuite, l'on conçoit que, dans les mêmes roches, un trépan de 0^m,50 battrait pendant un temps très long sans avancer d'une quantité appréciable, que ce trépan soit du reste à lame simple ou à plusieurs lames. Broyer un cylindre de roche de 100 mètres de hauteur sur 0^m,50 de diamètre, devient donc une fausse opération, si l'on a les moyens de détacher la roche par gros fragments. La difficulté se réduit, dans ce dernier cas, à pratiquer un passage annulaire qui contourne un cylindre de roche, lequel cylindre est cassé par le fond par un instrument fort simple.

Fig. 1, pl. 11. L'outil qui fait l'office de trépan simple est composé d'un tuyau en tôle de 0^m,005, qui sert à consolider une fourche ABC de 1 mètre de hauteur, dont les extrémités D D sont munies de taillants rapportés ; l'un d'eux, *d* (fig. 2), est dirigé suivant le rayon du trou, l'autre lui est un peu incliné, de manière à ce que les stries qu'ils forment tous deux soient frappées en croix. L'on donne à la fourche toute la solidité qu'exige sa largeur en A, et la longueur de ses branches. Le trépan conserve, comme on le voit, un témoin de terrain, du diamètre *a'a*, qui, en un temps donné, acquiert une certaine hauteur, 0^m,20 je suppose ; mais, comme les débris finissent par gêner les taillants, l'on est obligé, avant de reprendre un trépan fraîchement affûté, de les enlever avec l'instrument (fig. 5 et 6), dont je parlerai tout à l'heure.

Fig. 3 et 4. Dans certaines roches, l'on peut employer la rotation pour produire le même résultat ; un tuyau de forte tôle adapté à un enfourchement solide, ou à un cylindre qui le remplisse exactement (si l'on craint la rupture des branches de la fourche, que l'on peut du reste éviter en lui donnant de la largeur) est fixé à une frette *abc* aciérée et dentelée à sa base ; les dents sont dirigées suivant les rayons de la circonférence, quelquefois elles sont dispersées par groupes affectant différentes di-

rections. J'ai donné pour la figure un diamètre moyen à cet instrument, parce qu'il est en usage dans quelques ateliers de sondage. J'ai indiqué en même temps une plaque M, dont on fera bien de le munir pour recevoir les débris provenant des parois du trou de sonde pendant qu'il est en mouvement.

Fig. 5. Pour retirer les débris laissés par le trépan (fig. 1 et 2), l'on emploie (fig. 5) deux tubes concentriques A B C D, *efgh*, fixés à une même fourche *abc* avec des boulons. Ils sont unis l'un à l'autre à leurs bases par des pièces plates à rebords, et inclinées pour servir de pelles ou de rateaux et faire monter les débris au-dessus des clapets. Ces pièces représentent alors la mèche des outils ordinaires de nettoyage; les clapets, au nombre de 4 (fig. 6), *jjjj*, sont mobiles au moyen de charnières dont les branches verticales sont fixées dans le tuyau enveloppant; elles buttent sur des tasseaux *kk*, et la branche horizontale de la charnière est large, pour que le clapet y soit bien adhérent. (Dans la fig. 5, l'on n'a dessiné que la charnière, en oubliant l'épaisseur du clapet).

Les débris s'introduisent donc, comme on le voit, dans l'espace annulaire des tubes, tandis que le témoin de terrain entre dans le cylindre intérieur. Après quelques tours de sonde l'on remonte l'instrument.

Fig. 3, pl. 20. Après plusieurs descentes de trépans et de cureur, il s'agit d'enlever en entier le témoin lorsqu'il a une hauteur suffisante. A cet effet, je suppose un tuyau solidement fixé à une frette *lmno* P (fig. 4), dans l'ouverture de laquelle passe une tige AB (fig. 3), terminée par un fort tampon B ; cette tige est conduite par une seconde frette *ef*, mais dont on pourrait se passer, puisque le tampon occupe tout le diamètre du tuyau. Les frettes sont percées d'une rainure dans laquelle s'introduit la nervure C D, ainsi que cela a lieu dans notre tarière à soupape (fig. 12 et 12 bis, pl. 11); le dessus de la première frette est muni aussi d'un petit point d'arrêt contre lequel butte la nervure quand elle est au-dessus de

l'orifice. Au-dessous du tampon est une tige *j* K, ajustée à queue d'aronde dans deux plaques latérales X Y, X Y (fig. 3 bis), et terminée suivant une surface inclinée qui la fait glisser dans une entaille *fg s*, fig. 5, pratiquée dans une frette coupée obliquement et évasée à l'intérieur, de manière à produire un élément aigu E; la tige tranchante JK est maintenue au-dessus de l'entaille par la pression d'une vis aciérée et pointue, *h*, à tête fendue et dont l'écrou G fait traverse dans le tuyau; au-dessus du point où la vis est implantée dans la tige, celle-ci est cannelée pour détruire l'effet de la vis aussitôt, qu'avec le tampon B, on la fait descendre d'une petite quantité.

Lorsque l'on descend l'instrument, la petite vis arrête la tige dans la position indiquée par la figure. Le tampon B est en contact avec le dessous de la frette *ef*, et la nervure au-dessus de la frette supérieure butte contre l'arrêt P (fig. 4), afin que si l'instrument porte sur quelques points saillants des parois du trou de sonde, on puisse le tourner par sa tige A, en forçant sur l'arrêt dont il s'agit. Lorsque la base du tuyau est arrivée au pied du témoin, l'on tourne la tige pour introduire sa nervure dans les deux frettes mortaisées, et la laisser descendre jusqu'à ce que le tampon s'arrête sur la tête *j* de la tige, puis on frappe quelques coups semblables à des coups de trépan, mais en élevant la sonde d'une très petite quantité. Le témoin étant pressé en E (fig. 3 ou 5) contre l'élément tranchant de la frette oblique, et étant, d'un autre côté, poussé par l'angle K' de la tige, il se rompt sans beaucoup d'efforts et glisse sur le plan incliné E C, où il reste; plus la hauteur verticale de K' en E sera grande, moins la résistance du témoin à la rupture sera petite, puisque cette distance mesure le levier de la puissance du choc.

Cet instrument, ainsi que ceux qui précèdent, sont applicables seulement dans des terrains compactes; s'il s'agit de traverser à de grands diamètres des terrains irréguliers, par exemple, des marnes et des calcaires disséminés sans ordre dans leur masse,

son emploi serait infructueux et on lui substituerait le système d'outils ordinaires.

RECONNAISSANCE DE L'INCLINAISON ET DE LA DIRECTION DES COUCHES.

Dans beaucoup de localités, les couches du terrain houiller sont connues par leurs affleurements; leur allure souterraine se déduit de leur disposition au sol, et si l'on ne connaît pas, en un point donné du bassin, la puissance de ces couches, l'on peut du moins établir à ce sujet des hypothèses rationnelles. Souvent aussi le terrain houiller est recouvert, soit par des alluvions, soit par des formations régulières plus récentes, et son existence n'est indiquée que par des affleurements de médiocre étendue et éloignés; le sondage par lequel l'on va à sa recherche, ne le rencontre donc qu'à une profondeur indéterminée. Pour reconnaître sa puissance, son inclinaison et sa direction, l'on procède de la manière suivante.

Un moyen géométrique se présente d'abord; il consiste à atteindre par trois sondages, non situés en ligne droite, une même roche du terrain houiller, et à déduire du plan qui passe par ces trois points, l'inclinaison et la direction cherchée; ceci trouvé, on pourra calculer la véritable puissance du terrain houiller, mesurée perpendiculairement à ses lignes de stratification; ce moyen est infaillible, mais il devient un non sens, lorsque les dépôts de terrains postérieurs à la formation dont il s'agit sont puissants. L'on peut obtenir la solution du problème à l'aide d'un seul sondage.

Le moyen employé dans les terrains houillers du nord consiste à retirer un témoin de schiste dur, à l'aide d'un emporte-pièce (fig. 1, pl. 20), composé d'une masse cylindrique A, dans laquelle on ajuste à queue d'aronde quatre lames aciérées *b*, *b*, *b*, *b*, laissant entr'elles un espace du diamètre *c d*, qui reçoit le témoin enlevé. L'on tourne la sonde aussi rapidement que possible en l'abaissant fort peu à la fois, et après un travail d'une journée,

l'on parvient à retirer un bel échantillon de terrain, un cylindre de schistes par exemple, dont le pendage des feuillets indique quelquefois l'inclinaison générale du terrain; mais, comme ce témoin se détache du pied à un moment que l'on ne peut apprécier, il en résulte que l'expérience est imparfaite en ce que la direction des couches reste encore inconnue. Pour qu'elle soit complète, il est indispensable que le témoin reste intact sur pied et qu'il soit retiré par un instrument dont la position est connue au sol et qui fonctionne par percussion seulement; cet instrument est celui (fig. 3) dont j'ai parlé plus haut; il exige, pour être solide, un diamètre minimun de 13 à 15 centimètres. Le témoin ayant été formé par une frette aciérée à dents très rapprochées, analogue à celle de la fig. 3, pl. 11, je vais indiquer maintenant comment sa position est déterminée dans l'outil.

Soit la ligne nord D X O (fig. 6, pl. 20), passant par l'axe du trou de sonde et menée de l'extérieur à l'intérieur de l'atelier, pour éviter l'influence du fer des outils sur l'aiguille de la boussole. Sur cette ligne, en un point quelconque X, l'on élève une verticale X S, au moyen d'un fil aplomb exact, et terminé par une pointe qui se pique justement en X; l'autre extrémité S de la verticale étant marquée sur le montant de la chèvre ou sur une traverse qui le remplace, l'on joint le point S au point X, par un fil de fer sans inégalités et on le tend fortement. Supposons qu'au moment où l'on frappe sur la sonde pour détacher le témoin, son emmanchement soit en K; sans tourner la sonde, l'on fixe sur cet emmanchement une alidade, de manière à ce que la pointe de sa flèche touche le fil aplomb, puis l'on remonte la sonde comme d'ordinaire, c'est-à-dire en la tournant à droite ou à gauche, s'il en est besoin; lorsque l'emmanchement de la tige suivante arrive à la portée de la griffe, l'on ramène l'alidade *a b a' b'* sur le fil vertical, et l'on en fixe une seconde dans le même plan sur l'emmanchement précité; cela fait, l'on dévisse la tige remontée, l'on en défait l'alidade pour l'adapter à la troisième tige, et ainsi de suite; l'emmanchement de

l'outil emporte-pièce remontera au-dessus du sol, muni aussi de son alidade dont on comparera la direction avec celle des feuillets qui composent le témoin; quant à l'inclinaison de ceux-là, on la trouvera exactement dans l'angle qu'ils font avec les arêtes du témoin cylindrique.

Tel est le moyen qui me paraît le plus propre à connaître l'allure des couches par l'examen d'un échantillon retiré du trou de sonde; mais je crois que celui qui est indiqué par les figures 7 et 8, pl. 20, est au moins aussi bon, et a l'avantage d'être beaucoup moins long et moins compliqué. Ainsi que je le disais plus haut, la disposition des feuillets schisteux n'est pas un indice sûr de l'allure générale des couches; cet effet est dû à des causes étrangères au sujet qui nous occupe pour le moment; cette connaissance de l'allure des couches ne peut être obtenue réellement que par l'observation plusieurs fois répétée d'une strate de grès ou de calcaire, superposé soit aux schistes, soit aux lits de houille.

Je suppose donc que la présence du terrain houiller soit suffisamment démontrée par les échantillons ramenés par les instruments de sondage, et que l'on ait à traverser des couches de grès ou de calcaire durs, alternant avec des lits de schistes tendres ou de houille; toutes les fois que cette superposition se rencontrera, l'on en profitera pour attaquer au plus petit diamètre possible, 4 centimètres si cela se peut, la couche de grès *ab* (fig. 7) par exemple. On guidera le trépan de 4 centimètres par une lame qui se tiendra exactement au centre du trou; l'on fera avec ce trépan 60 à 80 centimètres dans la roche dure, puis l'on enlèvera avec la tarière et avec un trépan dont on aura coupé la lame très obliquement et qui portera un teton cylindrique de 4 centimètres de diamètre, les débris de schistes qui recouvrent la roche dont on mettra ainsi la surface tout à fait à nu. Cela fait, l'on descendra un trépan à taillant horizontal (fig. 8), portant aussi un teton du diamètre du petit avant-trou. Il est évident que si l'inclinaison de la roche est grande, la ligne horizontale du taillant du trépan l'indiquera de

suite, car une de ses extrémités, portant sur le haut A‴ du plan incliné, descendra au moindre effort s'asseoir sur l'horizontale A′ A″ située dans ce plan, qu'il quittera difficilement si l'on ne soulève pas la sonde; la direction de la roche sera donc aussi déterminée; quant à son inclinaison, elle est donnée par un triangle rectangle *g* A″ *f* dont l'un des côtés de l'angle droit est *g* A″, rayon du trou de sonde, l'autre A″*f*, la quantité dont le trépan a descendu du point le plus haut A‴ à sa position en A″ ; pour une inclinaison sensible, cette hauteur A″*f* est très facilement appréciable; mais dans tous les cas il vaut mieux faire un second voyage de l'outil (fig. 7), afin de descendre de *f* en R, et calculer d'après la hauteur double R S.

L'on conçoit qu'il ne faut pas se borner à une seule expérience semblable à celle que je viens de décrire, mais la répéter au contraire plusieurs fois, et lorsque la superposition d'une couche tendre sur une roche dure se présentera.

Fig. 9, pl. 20. Lorsqu'on rencontre une couche de houille, l'on en retire des fragments nombreux, après avoir poussé le forage à quelques mètres plus bas, au moyen de l'instrument analogue à un arrache-tuyau à lames horizontales, droites et dentelées à leurs extrémités; la masse cylindrique dans laquelle ces lames sont adaptées porte un tenon auquel on suspend un seau dans lequel la houille tombe. Si la couche est épaisse l'on peut encore, avec cet instrument, vérifier l'inclinaison et la direction du terrain par des mouvements semblables à ceux dont j'ai parlé précédemment.

En parlant de l'outil emporte-pièce (fig. 1, pl. 20), j'aurais dû mentionner son voisin (fig. 2), qui sert aussi à enlever un témoin lorsqu'il a été formé, soit par l'outil (fig. 1), soit par un trépan fendu, ou enfin par la frette dentelée (fig. 3, pl. 11). Il est semblable à un arrache-tuyau, excepté que ses crochets *ff* agissent à l'intérieur du vide *gh*, ménagé dans sa masse pour l'introduction du témoin. Il a le même inconvénient que celui de l'outil fig. 1, c'est-à-dire de ramener un échantillon dont on ignore la situa-

tion primitive, et par conséquent la direction des feuillets; l'inclinaison seule est connue, et, par suite, l'épaisseur des couches proprement dite, ce qui est déjà une grande donnée.

Lorsque les terrains houillers sont connus d'après leurs affleurements, les sondages qui les traversent sur une grande épaisseur peuvent n'être que d'un très petit diamètre; il convient au contraire de leur en donner un plus grand lorsqu'il y a lieu de procéder aux recherches dont il vient d'être question, par les procédés indiqués, figures 3, 6, 7, 8 et 9, pl. 20, ainsi que figure 3, pl. 11.

OUTILS RACCROCHEURS.

Les ruptures des tiges et des instruments qu'elles mettent en action, celles qui surviennent aux machines, et qui sont le résultat des trop grands efforts qu'on leur fait supporter, sont les écueils du sondeur; aussi ne doit-il rien négliger pour les éviter, et prendre toutes les précautions nécessaires pour réparer promptement les accidents qui lui arrivent, et qui sont bien souvent indépendants de son zèle et de son attention. Le sondeur doit commencer par passer en revue tous les instruments qui composent son matériel, examiner les tiges dans toute leur longueur, lorsqu'il les descend pour la première fois dans le trou de sonde, mettre de côté les emmanchements trop gais, et faire fretter celles des boîtes qui menaceraient, ne serait-ce que d'une manière insensible, de se rompre. Lorsqu'il descend pour la première fois un trépan nouveau, il doit s'assurer de sa rectitude avec la tige qui le surmonte; cela est facile lorsque le sondage est ouvert au fond d'une excavation profonde; lorsqu'il n'y a pas de fouille, il vérifie cette rectitude en couchant sur le sol la tige et le trépan emmanchés; cette précaution est importante en ce que le trépan rencontre, en fonctionnant, assez de porte-à-faux, sans qu'il lui faille, pour rompre dans l'emmanchement, du gauche avec la tige. Les vis ou les rivets des tarières à soupape sont souvent usés, ou la tôle de leurs tuyaux est amin-

cie et écaillée, lorsque ces instruments ont servi pendant longtemps sans réparation. Le sondeur ne doit pas attendre la détérioration complète d'un outil pour le changer ou le réparer, mais il doit le faire aussitôt qu'il a le plus léger doute sur sa solidité.

Aucune tige, aucun instrument, aucun tuyau de garantie ne doit descendre dans le trou de sonde sans que les dimensions n'aient été scrupuleusement notées; je donne ci-après la forme du tableau qui doit être tenu par le sondeur, des différentes mesures d'une sonde en fer.

N° d'ordre à partir du fond.	NATURE de l'emmanchement.	HAUT. AB du mâle.	DIAMÈT. *ef* du mâle.	HAUT. CD de la femelle.	DIAMÈT. oP ou Ps de la femelle.	COTÉ du carré de la tige.	LONG. totale de la tige.	OBSERVATIONS.
1re	N° 1.	m. 0,25	0,082	0,157	oP 0,082	0,054	6,32	
2e	id.	0,23	0,081	0,140	Ps 0,10	0,053	7,29	
3e	f. n° 1, m. n° 2.	0,22	0,073	0,145	oP 0,07	0,045	8 »	Tige de raccordement dont la femelle est n° 1 et le mâle n° 2 pour recevoir la suite de tiges plus faibles et de ce numéro.
4e	N° 2.	0,20	0,070	0,18	Ps 0,09	0,043	8,27	
5e	id.	0,22	0,072	0,13	oP 0,08	0,043	7,05	
6e	id.	0,21	0,07	0,19	oP 0,075	0,042	6,27	
7e	f. n° 2, m. n° 3.	0,15	0,06	0,12	oP 0,06	0,032	5 »	2e tige de raccordement pour des tiges n° 3.
8e	id	0,16	0,06	0,11	Ps 0,075	0,031	5,03	
9e	f. n° 3, m. n° 2.						3,27	3e tige de raccordem. pour la tige n° 2, dont on se sert pour battre. Celle-ci étant en vue il n'est pas important d'en prendre les mesures, si ce n'est sa longueur.
						Total. . .	56,50	

Des notes de grosseurs, de longueurs, ne suffisent pas dans les cas difficiles pour les outils de forage ou pour ceux dont on se sert pour en retirer les morceaux; il est urgent de les dessiner de ma-

nière à ce qu'on en connaisse exactement toutes les dimensions. Un sondeur qui entend son métier, qui a souvent eu à réparer des accidents difficiles, ne trouvera pas que les précautions que je lui conseille soient exagérées; il saura très bien que, s'il ne connaît pas le diamètre de la tige d'un trépan cassé au fond du trou, il ne fera faire sa caracole qu'approximativement applicable au retrait de celui-ci, et que cette ignorance des mesures donnera lieu d'abord à plusieurs voyages inutiles, et ensuite à un second accident si la caracole, ne prenant qu'imparfaitement une suite de tiges, par exemple, les abandonne après les avoir élevées d'une centaine de mètres. Lorsqu'une sonde ou un outil est saisissable avec une cloche à vis, l'embarras est moins grand, en ce que la cassure annonce, par la partie retirée, la section de celle qui reste, mais encore peut-il exister, immédiatement au-dessous de la rupture, une partie saillante qui s'oppose au filetage par la cloche à vis, et que l'on doive connaître, afin de ne pas employer cet instrument, qui resterait sans effet.

Lorsque, pendant la percussion ou pendant le rodage, un instrument on une tige se rompt, l'on s'en aperçoit souvent de suite, et alors l'on marque un trait sur la sonde au sol, indiquant la profondeur à laquelle on se trouvait au moment de la rupture; connaissant la longueur du trépan cassé, on compare ce que l'on en a remonté avec la caracole ou la cloche taraudée que l'on descend pour le saisir, et l'on connaît d'avance le point où l'on doit le rencontrer. Toutes les substitutions d'outils raccrocheurs doivent se faire en observant avec précaution les mesures de longueurs, afin que l'on ne cherche pas inutilement l'outil cassé où il ne se trouve pas, ou qu'en descendant trop bas, on ne l'incline pas contre les parois du trou; dans des terrains ordinaires, lorsque l'on agit d'après des mesures exactes, un outil cassé est aussi facile à saisir à 1,000 mètres qu'à 2 mètres au-dessous du sol, et l'on emploie rarement deux voyages à son retrait. Au contraire, quand on travaille sans connaître la longueur de la sonde et les dimensions de l'outil

cassé, non seulement on n'en effectue pas le retrait, mais on aggrave l'accident.

Caracoles.

La caracole est en général un instrument composé d'une tige forte, terminée à sa partie inférieure par un fer à cheval dans l'intérieur duquel l'outil cassé vient se placer et s'asseoir sur l'épaulement de son emmanchement. Cette forme du fer à cheval subit ensuite les modifications que demandent le diamètre du trou de sonde, les dimensions de l'outil à saisir et la nature des terrains.

Caracole pour grands diamètres ou diamètres moyens (fig. 1, 2, 13, pl. 13) : tige forte, talon A du fer à cheval, haut et aussi épais que possible, jusqu'à la limite de la solidité nécessaire ; branche libre du fer-à-cheval, c'est-à-dire celle qui est opposée à la tige de l'instrument, échancrée en *e* (fig. 2), pour faciliter l'entrée de l'outil rompu dans l'espace *cde*, où il est retenu par les deux retraites *b* et *e*. Cette caracole sert à prendre les outils cassés au-dessous de l'épaulement de leur emmanchement, ainsi en KZ (fig. 1), ce qui suppose la rupture du tenon en MN. Lorsqu'elle arrive près de la tête de l'outil cherché, l'on descend très doucement afin de poser légèrement dessus, puis l'on tourne un peu à gauche ou à droite; le côté est indifférent, puisqu'on ignore quel est le point de la base du talon qui s'est arrêté sur l'outil, pour descendre de la hauteur MK de l'emmanchement, plus, de celle du talon A; alors on tâche de faire passer le crochet Q derrière la tige de l'outil, et quand on y a réussi, l'on enlève jusqu'à ce que le carré *cde*, rencontre la partie KZ; si l'on sent une résistance uniforme, c'est celle qu'oppose l'outil engagé par sa lame dans des terrains tombés au fond du trou. L'on continue alors de monter doucement et sans la moindre secousse, tout en rodant très lentement jusqu'à ce que l'outil soit en chemin libre. S'il s'arrête de temps en temps, l'on fait redescendre la sonde de la quantité

nécessaire pour le dégager en tournant tant soit peu à droite; c'est souvent le crochet Q qui produit ces moments d'arrêt en heurtant la partie saillante du trou de sonde. Ce crochet doit s'abaisser autant que possible au-dessous du plan du talon A, pour qu'il cherche bien à passer derrière la tige.

Avec une caracole solide dans son talon, l'on peut retirer une sonde fortement engagée; cependant de grands efforts ne peuvent avoir lieu que dans un diamètre minimum de $0^m,13$; au-dessous, les caracoles sont faibles, lorsque surtout, l'outil ou la sonde à saisir nécessite une grande ouverture de fer-à-cheval.

Fig. 14. Caracole semblable à la précédente, excepté que la branche libre du fer à cheval n'est pas échancrée; les parties encaissées X,*y* reçoivent l'épaulement de l'emmanchement. Le point ou plutôt la partie *y* est plus basse de quelques millimètres que la partie X. Il en est de même du point *b* par rapport au point *a*. En général, le fond du fer-à-cheval d'une caracole doit toujours être plus bas que son ouverture, tout en ayant son crochet pointu *d* plongeant au-dessous du talon.

Fig. 15. Caracole pour petits diamètres : branche libre, courbe, crochet triangulaire comme le crochet Q (fig. 1), mais non plongeant, parce que le peu de grandeur du trou s'y oppose; talon fort et haut pour le retrait d'une sonde lourde, mais de fer faible. Il est bon de piquer au grain d'orge ou au burin le pourtour X*yab*, de l'ouverture, pour que l'épaulement d'une partie saillante quelconque de la tige s'y fixe mieux.

Fig. 16. Caracole pour petits diamètres et pour retraits d'outils à grosse tige : talon en fer sur champ mince et haut; branche libre, échancrée au bout seulement, pour son glissement derrière la tige de l'outil.

Fig. 17, montrant l'inconvénient qu'offre la partie *ab*, des fig. 14 ou 15. Lorsqu'elle penche à l'extérieur de l'ouverture du fer-à-cheval au lieu d'incliner vers son talon, l'épaulement de

l'outil, qui était en *b*, glisse sur la pente *ba* et retombe dans le trou de sonde.

Fig. 19. Caracole pour grands diamètres et pour outils n'opposant aucune résistance, construite en fer sur champ ; fer à cheval profond, branche libre courbée, puisque le diamètre permet qu'on la munisse de ces deux avantages, dont l'un consiste à retenir l'outil plus invariablement saisi, l'autre à passer derrière sa tige pour l'introduire dans l'ouverture.

Fig. 20. Caracole fonctionnant dans un petit diamètre à la recherche d'une tige qui s'oppose à son passage. Il arrive souvent que, n'ayant pas de cloche à vis, l'on soit obligé de recourir à la caracole, mais l'emmanchement de la tige à saisir laissant un très petit espace entre elle et les parois du trou, la caracole arrête sur lui et ne peut être introduite au-delà ; cependant, s'il existe suffisamment d'espace pour le logement de la tige de la caracole, la tige, rompue une fois entrée dans le fer-à-cheval, serait facile à remonter ; pour y parvenir, lorsque le terrain le permet, l'on fait à côté de l'emmanchement *ab* à saisir, un passage qui permette à la caracole de descendre, au moyen d'une langue de serpent ou d'une tarière. Ce moyen est sujet à quelque danger, aussi ne doit-on l'employer qu'après s'être bien assuré que la tige assise dans le fond de la caracole, parcourra sans difficulté toute la hauteur du trou de sonde dont le diamètre est rétréci.

Fig. 21. Caracole ancienne composée de fer rond ; fer-à-cheval arrondi dans le fond, crochet plongeant et affilé, applicable sans danger dans les grands diamètres, non pour exercer de grands efforts de traction, mais seulement pour redresser ou pour prendre un outil libre dans le trou de sonde.

Fig. 18. Caracole raccrocheuse à charnière. Son principal but est de ramener dans la verticale une tige, un outil ou un tuyau rompu dans un terrain caverneux ou dans des couches dont la désagrégation a agrandi le diamètre du trou ; la pointe A qui, lorsque l'instrument est fermé, se tient dans la circonférence

exacte du trou, s'ouvre quand on tourne la sonde, de sorte qu'arrivée là où le trou est agrandi, elle peut entourer le tuyau ou la tige cassée, la ramener au centre du trou, pour la laisser prendre par une cloche ou tout autre instrument, ou pour la saisir elle-même dans la niche P. Comme on le voit, le crochet est mobile au moyen de la charnière *c* D, et comme dans les autres caracoles, les points *e f* du siége sont au-dessus du point *y*.

Fig. 3. Caracole simple à charnière destinée comme la précédente à redresser une tige inclinée, mais sans effet pour la remonter au sol. On la construit avec une lame de trépan que l'on entaille pour loger de l'aile mobile autour d'un petit boulon. Elle est mieux appropriée au retrait d'une colonne ou bien encore à l'enlèvement des cailloux qui gênent la base de celle-ci lorsqu'on veut la pousser.

Fig. 4. Étrier avec un simple anneau ou chappe *d e f*, mobile sur un boulon *a b*; il peut aussi retirer une tige : celle-ci s'introduit entre la tige de l'outil et son anneau, et lorsqu'on élève la sonde, la tige cherchée reste prisonnière dans cet étrier. Il est bon d'abattre en biseau ou en pointe le bas *c* de l'instrument.

Cloches à galets et à clapets.

Fig. 5. Cloche à deux galets, propre à relever une sonde ne présentant aucune saillie. Lorsqu'une tige casse dans son milieu par exemple, l'on a recours à la cloche à vis dont j'expliquerai tout à l'heure l'emploi; faute de cet instrument, l'on emploie une caracole, si la grandeur du trou de sonde le permet, et l'on prend la sonde à l'emmanchement suivant, ou au second plus bas; le retrait s'effectue généralement bien ainsi, mais il arrive des cas où il ne peut avoir lieu; ainsi, lorsque la sonde se rompt en tombant d'une grande hauteur, c'est en vertu de son affaissement sur elle-même, auquel a cédé l'élasticité du fer; il en résulte que les tiges, celles du fond surtout, sont tellement cour-

bées que l'on a peine à les sortir du trou : l'on conçoit que si la tige qui se présente la première aux outils raccrocheurs, affecte une flèche qui porte son extrémité à s'engager dans les inégalités du sondage, il est imprudent de laisser, dans la prise, cette tige abandonnée à son ressort, parce que d'abord l'on aura beaucoup de peine à la monter, qu'elle dégradera les parois du trou et qu'enfin il sera difficile et même impossible de l'introduire dans la colonne de garantie, attendu qu'elle cherchera à passer par derrière. Une caracole est dans ce cas un instrument impropre que l'on remplace efficacement par une cloche à galets. Soit A *h*, la tige de l'outil ; deux pièces creuses B C D y sont adaptées au moyen de deux boulons *i-j*, *i-j*, elles sont espacées, à leur base, de l'épaisseur de deux galets S S, qui tournent autour des boulons S S, lesquels servent en même temps à assujettir les pièces entre elles. Ces galets sont poussés l'un vers l'autre par deux ressorts KK' KK', fig. 5, et X X', fig. 6 (ordinairement je désigne dans les deux ou trois projections du même outil, les mêmes pièces, par les mêmes lettres), de sorte que la tige s'introduit entr'eux dans la position VZ. Qu'en ce moment l'on soulève l'instrument, les deux galets commenceront par strier la tige, puis ils l'étreindront d'autant plus qu'elle fera plus de résistance, attendu que plus ils s'inclinent l'un vers l'autre, plus la distance qui les sépare diminue. Pour les diamètres moyens et grands, cet instrument est d'un excellent usage.

Fig. 23. Cloche à un galet ou grain d'orge. Elle a, sur la précédente, l'avantage de pouvoir être employée dans un sondage de petit diamètre ; mais le petit crochet ou grain d'orge S ne présente pas autant de solidité que les galets réunis de la première. Un tube du diamètre A B à intérieur excentrique *c* R est fixé à une fourche D ayant deux branches *f t*, *m n*, entaillées dans l'épaisseur de la couronne. Le tube est mortaisé pour la place et le jeu du crochet S, portant une queue Z pressée par un ressort Y X. Quand la tige K s'introduit dans le tube et passe devant le crochet, celui-ci

ne fait que la rayer; mais en relevant l'instrument, le crochet s'implante dans la tige et la retient fortement.

Fig. 26. J'ai décrit, en parlant du retrait des colonnes de garantie, la cloche à une branche Z P R; elle sert aussi à retirer les tiges de sonde, et fonctionne d'une manière analogue à la précédente, excepté que le crochet P retombe sur la tige en vertu de son propre poids. Cet outil prend très peu de diamètre et convient, pour cette raison, au retrait des tiges en bois qui laissent souvent peu d'espace entre elles et le trou de sonde.

Fig. 7. Cloche à clapets. Elle est composée d'une tige fourchue A, dont les branches ont 1 mètre ou plus, selon que l'emmanchement que l'on a à saisir se trouve au-dessous de la rupture; ces branches s'unissent à une même frette B C, sur laquelle tombent deux clapets X et Y, dont les chappes embrassent les branches et y sont fixées par des rivets. Les clapets, étant abattus, laissent entre eux un espace rectangulaire; cette figure devient un carré lorsque la tige étant prise, les clapets se trouvent relevés. Cet instrument demande beaucoup de diamètre pour être d'une solidité suffisante.

Fig. 22. Tuyau arrache-sonde. Au chapitre du retrait des colonnes de garantie j'ai parlé de cet instrument; il peut être employé également pour retirer une tige ou un outil, pourvu que certaines parties saillantes, par exemple, l'emmanchement ou les inégalités de la tige du trépan, présentent aux ressorts des points d'arrêt solides. Il est, comme on le voit, d'une construction facile, et peut suppléer à beaucoup d'outils raccrocheurs, lorsque, dans la localité où se fait le travail, les ouvriers ne sont pas assez habiles pour ces derniers.

OUTILS POUR LE RETRAIT DES TARIÈRES A SOUPAPE MANŒUVRÉES A LA CORDE.

Fig. 24. Un simple crochet suffit pour ramener, au moyen de la sonde, une tarière à anse; on y réussit aussi avec la corde, à l'aide d'un crochet double (fig. 25).

Fig. 27. Lorsque, en soupapant à la corde, la tarière, surmontée d'un emmanchement, se trouve prise dans les sables et cailloux, ou dans les sables purs, ce qui arrive aussi fréquemment, la corde ne pouvant la retirer assez fortement, il est prudent, si toutefois la corde gêne la descente des outils raccrocheurs, de la couper au moyen de deux couteaux chargés ou non de petits poids, lesquels couteaux sont adaptés à un tuyau, à la manière des clapets; la corde est tenue au sol pendant la descente de l'instrument. Elle passe, ainsi qu'on le voit, à l'intérieur du tuyau. Lorsque l'on soulève la sonde pour ôter la griffe, il faut que ce soit d'une hauteur inappréciable, car autrement les couteaux fonctionneraient et couperaient la corde. Lorsqu'ils sont descendus tout à fait sur la tête de l'outil laissé à fond, l'on enlève la sonde sans autre manœuvre, et l'on retire de même la corde sans résistance; cela fait, l'on descend, pour saisir la tarière, une cloche à vis ou tout autre instrument.

Gueule de brochet.

Fig. 28. Ce sont deux parties de cylindre creux, espacées entre elles d'une quantité un peu moindre que l'épaisseur de la lame de trépan, ou de langue cassée, que l'on cherche à retirer, laquelle s'engage dans cette espèce de fourche armée de dents. L'espace qui sépare les deux fourches doit être tel qu'il pince fortement l'objet saisi; mais il faut néanmoins prendre ses précautions pour que le diamètre extérieur de la gueule, la lame étant prise, ne dépasse pas le diamètre du trou de sonde, car il deviendrait impossible de retirer l'outil accrocheur lui-même.

Taraud.

Fig. 29. Les ruptures deviennent plus rares au fur et à mesure que le diamètre du sondage diminue; cependant n'y aurait-il qu'un demi-centimètre de jeu entre les emmanchements de la sonde et le trou, que l'on ne pourrait éviter les accidents, parce que les

instruments sont défectueux par la mauvaise qualité de leur fer, au moindre effort, ils peuvent céder à la torsion ou à la percussion. La petitesse du diamètre s'opposant donc à la descente des outils raccrocheurs dont je viens de parler, et une cloche à vis elle-même étant trop grande pour passer, l'on perce un trou de mèche, dans le bout de la tige ou de l'outil cassé, puis après l'avoir taraudé on le retire.

Cloche à vis.

Pour le retrait des parties cassées qui couvrent à peu près la verticale, ou qui ne font que toucher les parois du sondage sans en dépasser la circonférence, la cloche à vis est le meilleur des instruments raccrocheurs que l'on puisse employer, parce qu'avec des mesures exactes l'on est sûr de ne faire qu'un voyage pour retirer ce que l'on cherche, et qu'en outre, les filets qu'impriment la cloche sur la partie cassée sont assez solides pour que celle-ci, quelque pesante qu'elle soit, remonte au sol sans nouvel accident. Cet instrument est tout simplement un cylindre (fig. 9, pl. 13) AB évidé en CD pour la sortie des débris qui s'introduisent à l'intérieur de la partie taraudée; une cloche à vis remplit toutes les conditions lorsque elle est assez haute de filets pour embrasser la partie cylindrique des emmanchements des tiges et la diagonale du carré en fer; sa forme indique la manière de l'employer, qui consiste à tourner la sonde dans le sens des filets, lorsque l'on est sûr que la partie cassée est introduite dans la cloche.

Lorsque le morceau cherché est court, et, par conséquent, très probablement incliné dans le trou de sonde, l'on adapte à la cloche, avec des vis, un entonnoir que l'on coupe obliquement à son axe; l'on cherche à faire porter le point le plus bas de cette section, sur l'outil, qui, au moindre mouvement de la sonde, s'introduit infailliblement dans l'entonnoir pour se présenter aux filets de la cloche.

Fig. 10. Lorsqu'une tige se dévisse, l'on peut, entre autres in-

struments, employer une femelle de son numéro, que l'on munit d'une frette en entonnoir, si, le diamètre du trou étant grand, la femelle seule ne rencontre pas la tige cherchée.

Fig. 11. Outil mentionné au chapitre du retrait des colonnes de garantie.

Fig. 12. Pince à vis employée comme outil raccrocheur, et se substituant aux tarières pour le retrait des cailloux roulés ou de fragments de roches. Deux branches D S, D′ S′ sont terminées par des parties concaves et dentelées, ou par des mordaches n, n'; l'une d'elles porte une chappe dans laquelle joue l'autre autour d'un boulon C qui les réunit; la première est coudée à angle droit pour recevoir une vis de 5 centimètres, dont l'extrémité B est munie d'un cône, qui, en descendant avec la vis, pousse la branche D′ au dehors et fait approcher son extrémité S′ de l'extrémité de l'autre branche S.

FIXATION DES EMMANCHEMENTS A VIS.

L'on a quelquefois besoin, pour le retrait des tiges engagées les unes par les autres, lorsque, retombant d'une grande hauteur dans le sondage, la sonde s'est rompue en plusieurs parties, de dévisser les tiges qui font coin, afin de pouvoir saisir la tête de celles qui peuvent être remontées. Les tiges à fourche sont pour cela d'un grand secours; mais, comme cet ancien et vicieux système est maintenant réformé, et que le système à vis lui est complétement substitué, il a fallu chercher le mode le meilleur pour rendre rigide la sonde à vis. Le moyen de fixer les emmanchements à vis, de manière à ce qu'ils supportent des efforts faits à volonté, à droite ou à gauche, consiste à limer le mâle et la femelle réunis, de manière à obtenir une partie méplate peu sensible, afin toutefois de ne pas endommager la femelle, qui a ordinairement peu d'épaisseur; l'on passe ensuite une bague recouvrant le mâle et la femelle de 2 ou 3 centimètres. Cette bague est munie d'une entaille très peu profonde, qui, placée vis à vis de la partie méplate de l'emmanche-

ment, présente un espace propre à recevoir une clavette chassée au marteau.

EXEMPLE D'UN RETRAIT D'OUTIL (pl. 15, fig. 9).

Le trépan *gh* s'est cassé dans le tenon de l'emmanchement, pendant qu'il frappait sur une roche de grès, recouverte par une couche de sables de 12 mètres d'épaisseur. Il est possible qu'au moment de la rupture il soit resté vertical, mais, comme il a pu aussi s'incliner légèrement, nous nous placerons dans ce dernier cas. Si le trépan a pu arriver sur la roche et y fonctionner librement, ce n'est qu'après un travail non interrompu au travers des sables; aussitôt que le mouvement de la sonde cesse, les sables s'asseoient, se tassent, et la sonde resterait prisonnière si cet instant de repos durait quelques minutes. En outre, ces sables sont inépuisables, c'est-à-dire que, quelle que soit la quantité que l'on en extrait avec les tarières à boulet, leur niveau reste le même ; par conséquent, la descente d'une caracole est impraticable, ainsi que celle d'une cloche à vis, attendu que ces instruments ne peuvent fonctionner que dans un passage à peu près libre. L'on est donc obligé, pour réparer l'accident, de commencer par tuber les sables jusqu'à la tête de l'outil par les procédés indiqués au chapitre des tubages. Comme l'on sait, à un centimètre près, quelle est la distance qui sépare la base de la colonne de la tête de l'outil, l'on fait, lorsqu'on est près d'y arriver, quelques voyages de tarière à boulet, pour enlever les sables qui s'élèvent continuellement dans la colonne : puis l'on essaie une cloche à vis. Mais, au lieu de l'instrument (fig. 9, pl. 13), l'on emploie un tuyau solidement enfourché, et portant une frette taraudée faisant cloche, de manière à ce que les sables ne s'opposent pas à l'outil raccrocheur. Les sables s'élèvent seulement dans le bout du tuyau, mais en laissant la frette libre, ou plutôt pleine de sables qui sont facilement repoussés de quelques centimètres par l'introduction de la tige de l'outil. Si la frette taraudée ne rencontre pas l'outil en plein, et son rodage indique

si elle le laisse de côté, l'on fait, aussitôt que l'on s'est assuré de ce fait, arriver la colonne sur l'outil; si sa base repose bien dessus, l'on descend un crochet en forme de caracole *f*, et en faisant effort avec lui pour ramener la tige *gh* dans la direction de l'axe de la colonne, on la fait descendre ainsi jusqu'à ce que la caracole et la tête de l'outil s'y trouvent ensemble; ceci obtenu, l'on décroche la caracole pour descendre une cloche à vis ou le bout de tuyau qui en tient lieu, et l'on retire sans peine le morceau. Comme sa lame est plus grande que la colonne qui a servi à le saisir, l'on est dans la nécessité d'enlever la sonde et la colonne en même temps. Cette opération se fait assez lentement, mais ne présente aucune difficulté. Cependant, si l'on est sûr de la solidité du vissage de la cloche, et que le sondage reste propre pendant le relèvement de la colonne, l'on peut, lorsque le trépan est sorti des sables, le laisser là, surmonté de la sonde, et relever la colonne seule.

Le nombre et la nature des accidents qui surviennent pendant un sondage sont variés à l'infini; le trépan que nous venons de retirer d'une couche de sables, par exemple, peut se rompre avec des circonstances plus graves dans d'autres terrains; si, au lieu d'un trépan, c'est une tarière qui se casse, soit dans sa tige, soit au-dessous, dans la lame, cette autre situation demande une disposition d'outils raccrocheurs différente, et quelques changements dans la manière d'opérer. Je crois avoir soumis à l'observation des personnes qui désirent s'occuper de sondages, un assez grand nombre d'outils de différentes natures, pour qu'elles puissent, dans des cas d'accidents exceptionnels, faire construire ou modifier ceux qui leur deviendront nécessaires. Mais, pour éviter une grande partie de ces accidents et profiter de l'économie qui résulte d'une marche sans interruption; pour ne pas, en outre, courir le risque de l'abandon obligé d'un sondage déjà avancé, je leur recommanderai, ce que je ne cesse de répéter, l'emploi de deux ou trois tiges indestructibles, pour pousser la partie infé-

rieure de la sonde; d'emmanchements les plus forts pour les outils à percussion, surtout; et l'examen le plus minutieux de tout ce qui est introduit dans le sondage, afin d'en rejeter, sans la moindre hésitation, tout ce qui n'est pas positivement solide.

OUTILS ET MOYENS PROPRES AU REDRESSEMENT ET A L'ALÉSAGE D'UN TROU DE SONDAGE.

Les exemples de sondages qui se sont, jusqu'ici, écartés de la verticale sont plus nombreux qu'ils ne le seront à l'avenir, parce que les précautions que l'on prend contre de pareils résultats sont de nature à les éviter, si ce n'est complétement, de manière, du moins, à ce que la continuation des travaux n'en souffre pas. Plusieurs causes tendent à produire un sondage oblique : la première, c'est qu'on aura mal commencé, c'est-à-dire, disposé sur une ligne inclinée la résistance de la base de l'outil foreur et la puissance du levier qui met, au sol, cet outil en mouvement; c'est aussi la faute qu'il est le plus facile d'éviter, et c'est, néanmoins, celle qui amène le plus souvent un résultat fâcheux, parce que l'on n'apporte, que bien rarement, assez d'attention aux choses les plus faciles. Si un aplomb a été mal pris à l'origine, et que le sondage continue dans des marnes ou argiles se traversant avec les tarières, nul doute qu'il restera oblique; au-dessous de ces argiles, que l'on rencontre une masse de roches tendres, la percussion va succéder au premier mode de forage; la sonde, en vertu de ce mouvement, tendra bien plus fortement à se rapprocher de la verticale que dans le premier cas, et finira peut-être par coïncider avec elle vers la partie inférieure; mais alors, elle affectera, en un certain point du trou de sonde, une courbure très sensible qui amènera de fréquentes ruptures. Il est donc important qu'un trou de sonde soit commencé attentivement, et il ne faut pas négliger d'employer la percussion, aussitôt que, les couches meubles ou d'alluvions étant passées, l'on tombe

dans de nouvelles couches qui, bien que pouvant être traversées à la tarière, doivent, pour les raisons qui nous occupent, l'être avec un trépan. Lorsque l'on commence à battre au sol, il est presque impossible de descendre autrement que dans la verticale, et si le point d'attache de la sonde ne se trouvait pas sur cette ligne, il y serait amené par l'élasticité de la sonde elle-même.

Il y a aussi des causes naturelles qui amènent les mêmes effets; on ne peut éviter celles-ci, mais on peut les vaincre. Tantôt c'est l'hétérogénéité du terrain; d'autres fois ce sont les fissures dont il est traversé qui forcent l'outil à suivre une mauvaise direction. Ainsi (fig. 7, pl. 15) les parties dures *d* tendent à renvoyer le trépan du côté *c*, où une petite fissure suffit déjà pour l'amener; l'inclinaison des couches vient encore favoriser cet effet, et si l'on n'y prend garde, si l'on continue ainsi de battre pendant 1 mètre ou 2 dans les mêmes conditions, le sondage prendra inévitablement une direction oblique. Lors donc que, dans un terrain incliné surtout, l'on sentira sous le trépan une résistance inégale (due à autre chose bien entendu qu'à la superposition d'une couche tendre sur une couche dure; car dans ce moment les chocs de trépans sur les extrémités du diamètre qui se confond avec la ligne de pente sont très distincts); si les mouvements du trépan, enfin, sont bien ceux qu'il doit avoir dans les circonstances dont j'ai parlé tout à l'heure, et si sa rupture dans le tenon ou dans la tige en donne la meilleure preuve, il conviendra de passer cet endroit de couches avec un trépan à larges oreilles et à lame longue, ou avec une cloche aciérée. Si, comme l'indique la figure 7, le sondage a définitivement suivi une mauvaise direction à partir de l'endroit *dc*, l'on s'en apercevra ultérieurement : d'abord, à la fréquence des ruptures de tiges en ce point, et ensuite, à la difficulté que l'on éprouvera à descendre une colonne de garantie, si les terrains situés plus bas la demandent.

Dans les marnes tendres avec fragments de roches dures, le sondage suit plus facilement encore une mauvaise direction;

son axe ne forme pas alors seulement un angle, mais bien une ligne toute tortueuse, dont les roches, laissées à nu par la dissolution des marnes, forment les points saillants; lorsque le résultat que l'on cherche est obtenu sans qu'il soit besoin, pendant les travaux ou après leur achèvement, de tuber ces terrains, la forme de l'axe du sondage, quelle qu'elle soit, est peu importante, car des eaux jaillissantes s'y élèveront comme dans un trou droit, à l'exception, toutefois, de la vitesse qui sera moindre. Si, au contraire, l'on est obligé, pour continuer le sondage, de tuber les terrains traversés, alors qu'on n'a pas pris les précautions nécessaires pour forer rectilignement, bien que le diamètre des instruments soit de beaucoup plus grand que celui de la colonne à descendre, celle-ci refusera d'avancer, parce qu'elle n'est pas flexible comme la sonde, et, qu'en outre, sa base rencontrera à chaque instant des parties saillantes sur lesquelles elle s'arrêtera. Il devient dès lors urgent de redresser et d'aléser le sondage pour l'exécution du tubage dont il s'agit. Deux moyens se présentent : laisser le trou vide, et en abattre les inégalités avec des instruments propres à ce travail, ou le combler de matières résistantes sur lesquelles on arrive comme sur des terrains non forés. Ce remplissage se fait avec du béton composé de ciment romain et de sable, ou de chaux, de ciment romain, de pouzzolane et de sable, que l'on coule dans une colonne *ab*, et de la même manière que pour les puits artésiens; mais ce béton n'acquiert pas de suite une grande dureté, et ce n'est qu'au bout de quelques mois qu'il ressemble à un grès de moyenne ténacité; il convient donc d'arrêter les travaux pendant ce temps, car en entamant le béton avant qu'il ne soit sec, l'on retrouverait les inconvénients que l'on veut annuler. Le remplissage de ce trou est important pour sa position (figure 7), parce que, quelles que soient les tiges d'outils que l'on emploie pour laisser de côte la fausse direction, ces tiges augmentent de longueur, deviennent bientôt flexibles, et permettent à l'outil de rejoindre le vide pratiqué à côté de lui. Cependant,

voici comment l'on pourrait effectuer le redressement sans remplissage au béton : l'on se servirait en premier lieu d'un cylindre de 8 mètres de longueur portant une frette à vis, pour l'adaptation d'une cloche faisant suite immédiate au cylindre. Ce dernier étant guidé par les génératrices du bon trou, fonctionnerait sans doute verticalement pendant 2 à 3 mètres au-dessous de l'angle *d*, mais au-delà, sa partie supérieure, commençant à s'incliner, permettrait à la cloche d'abandonner la verticale et de reprendre l'ancienne direction. A cet instant, il conviendrait d'arrêter le travail de la cloche, et de descendre une colonne dont les 8 ou 10 premiers mètres du bas seraient en forte tôle jusqu'à la profondeur atteinte par la cloche ; cette première opération terminée, l'on continuerait le redressement à l'aide d'un cylindre de même longueur que le précédent et du diamètre intérieur de la colonne, moins quelques millimètres seulement, et enfin, à mesure que l'on prendrait du fond, la cloche ayant à travailler sur une surface de résistance, de plus en plus large, l'on parviendrait à abandonner tout à fait le vide incliné.

J'arrive maintenant au cas d'un trou de sonde courbe en plusieurs points ; cette courbure étant le résultat du mode imparfait de forage employé dans des terrains d'une nature exceptionnelle. Je prendrais un exemple de ces terrains dans les argiles et roches du bassin de Paris, si cette formation était plus puissante et si les argiles étaient moins compactes. J'en trouve un plus complet dans les gypses, calcaires, et marnes bigarrées du terrain salifère que l'on traverse dans toute son épaisseur, c'est-à-dire sur près de 1,000 mètres, pour l'exploitation du sel gemme. Toutes les fois que l'on traversera cette formation avec une sonde légère, par conséquent flexible et sans guide, c'est-à-dire avec des trépans à lame plate et courte, et n'ayant au-dessus d'elles aucun corps cylindrique, ou, au moins, plat et long, occupant le diamètre du trou, l'on n'obtiendra qu'une issue sans forme régulière, un trou tortueux, tel que, si l'on suppose une ligne droite

partant du sol et aboutissant au fond de ce trou, elle percera un certain nombre de points saillants, formés par autant de roches sur lesquelles les trépans auront glissé pour entamer les parties tendres opposées. En d'autres termes, si le diamètre des outils a $0^m,20$, l'espace qui existera entre deux lignes tangentes aux inégalités du trou de sonde sera, non pas de $0^m,20$ comme cela existerait dans des terrains réguliers, mais peut-être tout à fait nul.

Les moyens à employer pour l'alésage d'un semblable trou de sonde se trouvent dans ceux que l'on aurait dû suivre pour le forer, avec cette différence que toutes les opérations y sont bien plus difficiles, car, les marnes ne soutenant plus certaines roches, celles-ci, abandonnées à leur propre poids, ou ébranlées par les oscillations de la sonde, tombent sur les outils et les retiennent prisonniers ; des accidents d'une autre nature, les ruptures de ces outils, sont plus fréquents encore, quelle que soit la force que l'on donne à leur tige.

Deux moyens distincts sont mis en usage pour le redressement ou l'alésage du trou : le premier consiste à reprendre le sondage à un diamètre plus grand que le diamètre existant, et à le pousser aussi loin que la propreté du trou le permet ; puis à descendre alors une première colonne de garantie, dans laquelle on agit comme en commençant, pour en descendre une seconde lorsque les terrains le demanderont. Le second mode consiste à descendre une première colonne aussitôt que l'alésoir fonctionne difficilement, et à faire filer cette colonne au moyen d'un élargisseur. Je vais examiner ces deux méthodes, et montrer leurs avantages et leurs inconvénients, afin que, suivant la situation, l'on sache celui que l'on doit préférer.

Pour agrandir le trou aussi loin que possible avant de tuber, l'on ne doit pas se servir de trépan à lame simple, mais bien de lames à oreilles que l'on peut adapter à l'extrémité d'un alésoir de 5 ou 6 mètres de longueur (fig. 5, pl. 15 *bis*) au moyen d'un fort emmanchement, comme l'indique la fig. 19, pl. 9, représentant

un trépan à oreilles de $0^m,12$ de développement, sans tige et s'adaptant à une lame de fer de 7 à 8 centimètres d'épaisseur et de la largeur du trou ; ici la grosseur du pas de vis est de $0^m,10$; à l'extérieur le diamètre total de l'emmanchement est de $0^m,14$. Plus la différence entre ces deux dimensions est grande, plus le tenon à vis est solide, parce que le levier de la résistance à la rupture augmente dans ce même rapport. Aussi, un de nos petits emmanchements, n° 4 par exemple, sera d'autant plus solide que son diamètre sera plus grand. Il est peu probable qu'un tenon de 10 centimètres se casse, quels que soient les porte-à-faux que les lames du trépan éprouvent; néanmoins, si l'on craint cet accident, l'on peut porter cette dimension à 12 centimètres, mais il faut éviter de donner au diamètre extérieur celui du trou, parce que l'on aurait un tampon sur lequel pourraient tomber les fragments de roche. Je préférerais laisser au pas de vis un diamètre de $0^m,10$, et donner à l'extérieur de l'emmanchement la forme carrée; les saillies ne s'opposeraient pas au retrait de l'outil, et suffiraient pour augmenter de beaucoup la solidité de l'emboîtement. Au lieu d'un emmanchement à vis, l'on peut rapporter sur le guide (voy. fig. 11, pl. 10) une fourche à deux lames semblables aux précédentes, sur du fer de $0^m,08$ sur $0^m,12$ environ; un encastrement de chaque côté du fer et un en dessous fixe la fourche dans le sens horizontal; elle est ensuite maintenue par deux boulons à tête perdue pour chacune des branches, et un troisième qui la presse de bas en haut contre le fût.

Bien que le guide qui surmonte le trépan à oreilles ou la cloche ait de 7 à 8 mètres de longueur, il s'incline encore si les parois qu'il laisse dans la distance au-dessus de lui et dans celle où le trépan fonctionne ne sont pas résistantes; quelque point saillant, placé vers son milieu, le chasse hors de la verticale; si le guide avait des arêtes aciérées que l'on pût réparer facilement, on pourrait, à force de roder, user les obstacles qui tendent à le faire incliner; mais on y parviendra plus promptement

en armant le guide, en son milieu, d'une lame à deux oreilles, disposées en sens opposé à celle du trépan inférieur; cette lame fait aussi l'office de l'instrument (fig. 19, pl. 9); l'on peut, en même temps, remonter le guide d'un troisième trépan, de sorte que, pendant la percussion, l'un d'eux rencontrera un obstacle s'opposant à la direction verticale de tout le système, et l'abattra (fig. 4, 5 et 6, pl. 15 *bis*).

Au lieu du guide principal dont il vient d'être question, l'on peut employer une forte lame de $0^m,08$ d'épaisseur et de 7 mètres de longueur, du diamètre du trou moins 1 centimètre, et sur laquelle on adapte avec de forts boulons et en des sens successivement opposés, des lames circulaires pareilles à celles des trépans, ou bien encore une forte tige de 8 à 9 centimètres de côté, composée de 3 ou 4 parties formant rallonge, et entre lesquelles on interpose autant de trépans à oreilles (fig. 10, pl. 10.)

Lorsque l'on est parvenu à aléser ainsi 50 à 60 mètres et que, néanmoins, les éboulements de marnes et fragments de roches embarrassent l'outil et rendent son travail inquiétant, l'on se décide à descendre une première colonne que l'on peut, au moyen d'un élargisseur, pousser au-delà de la profondeur atteinte par l'alésoir, si toutefois elle n'est pas déjà trop pressée latéralement; puis, lorsque la colonne refuse de descendre, l'on travaille dans son intérieur avec des instruments de plus petits diamètres et analogues aux précédents.

En adoptant le second des deux modes que j'ai annoncés plus haut, l'on n'entreprend des 60 mètres mentionnés que 15 mètres, par exemple, parce que, là déjà, l'outil ne fonctionne qu'avec difficulté; l'on descend de suite la colonne qui s'arrête à 15 mètres et on la conduit au moyen d'un élargisseur, de 15 à 60 mètres, où nous l'avons laissée tout à l'heure, au lieu de lui préparer, comme on l'a fait dans le premier cas, son passage à trou découvert; en élargissant le trou avant la descente des tubes, l'on se donne un travail long et pénible, et que viennent souvent compliquer les rup-

tures d'outils et de tiges, aggravées par les éboulements. De plus, le guide qui surmonte les alésoirs ne fonctionne qu'imparfaitement, parce que, le trou étant trop large en certains passages, il n'occupe pas de position invariable ; mais si le diamètre primitif est grand, que l'on ait la faculté d'employer plusieurs tubages, l'alésage à diamètre fixe est encore le plus prompt, et aussi plus économique.

Le second mode présente l'avantage de conserver du diamètre, et d'économiser la colonne de garantie ; le guide qui surmonte les lames ouvertes, remplit parfaitement le but, parce qu'il se meut dans la colonne que l'on fait descendre à mesure que l'élargisseur prend du fond ; l'on suit à peu près, en cela, la méthode de la sonde française, qui consiste à faire suivre les outils de forage par les colonnes nécessaires au soutènement des terrains. Obtient-on plus de résultats de cette manière que de l'autre, cela dépend de la nature des couches et de l'état du trou primitif. Si les chutes de fragments de roches sont fréquentes, je préfère pousser la colonne successivement avec des élargisseurs, si ce trou de sonde se maintient propre, l'alésage d'une grande distance et son tubage effectué de suite après, présente de l'économie ; il est difficile de donner le choix à l'un de ces systèmes, attendu que rarement deux sondages se ressemblent ; c'est au sondeur qui est sur les lieux à décider la question.

Les figures 1 et 2, planche 15 *bis*, indiquent le redressement d'un trou par le tubage poussé à l'aide des élargisseurs, agissant immédiatement au-dessous de la colonne, si ce terrain est facile à détacher. L'on emploie, comme élargisseur, une caracole à charnière surmontée d'un guide de 9 à 10 mètres, qui maintient l'instrument dans la verticale, lorsqu'on le descend de quelques mètres au-dessous de la colonne ; ce guide peut être une tige de bois de chêne solidement fixée à ses deux extrémités par un enfourchement analogue à celui d'une tarière à soupape, mais plus fort si le diamètre le permet, et enveloppé d'un tuyau ordinaire, tenu au

cylindre de bois, par les mêmes rivets ou broches que celle des fourches. Un guide plus solide est composé (fig. 2) d'un tube en tôle d'un demi-centimètre d'épaisseur, portant à sa base un pas de vis pour recevoir deux ou trois élargisseurs de différentes formes, et à sa partie supérieure une plaque de fer épaisse traversée par des broches; l'on peut aussi remplir ce tube d'une tige de bois. Dans la figure 2, la caracole à charnière est remplacée par un trépan élargisseur à vis, déjà décrit planche 12; lorsque la roche sur laquelle il repose est brisée et qu'il est arrivé sur la suivante, l'on se hâte à descendre la colonne, ou de briser la seconde roche, si on peut le faire sans abandonner la bonne direction; l'on ne doit faire descendre la colonne que d'une quantité telle que, de sa base à la naissance des lames de l'élargisseur, il y ait assez de course pour que celui-ci puisse fonctionner. Dans un terrain difficile, dans un mélange de marnes et de roches dont la plus grande partie éboule, ce mode de tubage immédiat est le plus sûr et le plus prompt que l'on puisse employer. Si, par économie, l'on n'emploie pas les guides longs dont je viens de parler, il faut alors munir la tige du trépan élargisseur, ou la tige de sonde dont il est surmonté, d'une plaque de fer *efgh* (fig. 5, pl. 15 *bis*). En général, il est important de maintenir, par ce moyen ou par tout autre, l'élargisseur dans l'axe de la colonne qui doit suivre le passage qu'il lui pratique, dans les trous obliques surtout; l'on conçoit que si l'élargisseur n'est pas invariablement tenu dans la direction de la colonne, il n'agrandira pas le trou concentriquement.

Les figures 3, 4, 5 et 6, même planche, indiquent les moyens propres au redressement du trou, lorsque les terrains, quoique difficiles, se tiennent assez pour que les élargisseurs, surmontés du guide, puissent, sans s'y engager, pénétrer à une grande distance au-dessous de la partie tubée.

Lorsque le trou est tortueux, l'on emploie des lames de fer de la largeur du trou, de 5 centimètres d'épaisseur et de 5 à 6 mètres

de longueur, AB, CD (fig. 3), pour qu'il n'y ait, à leur partie inférieure, aucune partie flexible ; l'on y dispose des lames rapportées *h*, *h*, de distance en distance. Sur la lame inférieure, l'on adapte des lames formant trépans à oreilles ; elles sont encastrées d'un centimètre dans la tige et maintenues avec de forts boulons sans écrous. L'on met deux de ces lames seulement si les points saillants du trou ne sont pas nombreux.

Quelle que soit la force des tiges, elles fléchissent toujours assez pour s'incliner si le trou est caverneux ; il en résulte que le trépan inférieur glisse sur la saillie de roche qu'il rencontre, et l'arrondit de manière à n'avoir plus aucune action sur elle. Il convient alors de se servir d'un élargisseur du plus grand diamètre possible, afin de pratiquer sur la roche une petite surface droite, qui résiste pendant quelque temps au choc des taillants et finisse par éclater. La figure 4 indique cette disposition : *b* est un trépan à ressorts indiqué pl. 12, fig. 14 ; CD est un alésoir à 4 branches boulonnées, formant un guide de 6 mètres de longueur. *a*, un trépan à oreilles qui, bien que n'ayant que le diamètre ordinaire, peut, pendant que l'élargisseur fonctionne, abattre les aspérités qu'auront laissées les outils précédemment descendus. Du reste, comme il est assez difficile de placer l'élargisseur, le guide et ce trépan *a* parfaitement en ligne droite, ce dernier tend toujours à occuper un espace plus grand que son diamètre, et fait, pour cette raison, fonction d'élargisseur. L'on peut même cintrer un peu sa tige, de manière à produire cet effet, mais il ne faut pas abuser de ce moyen, parce qu'il en résulterait la rupture de l'emmanchement.

Selon que le trou le demande, l'on met l'élargisseur au-dessus du guide et un trépan au-dessous de celui-ci (fig. 5).

Dans la figure 6, le guide est placé au-dessus de 3 trépans à oreilles, disposés de manière à ce que leurs lames se trouvent perpendiculaires les unes aux autres : en prenant du fond, l'un des trépans écorne la roche que le précédent n'avait pas attaquée. En

travaillant ainsi pendant assez de temps dans les mêmes passages, l'on finit par abattre toutes les saillies de roches et le tubage est poussé en *m*, *n*.

Lorsqu'un sondage est mené sur un grand diamètre dans des roches continues et dures, l'on passe quelquefois et subitement à un diamètre beaucoup plus petit, afin d'accélérer la besogne pour connaître plus promptement la puissance d'une formation ; il faut dans ce cas disposer le fond du grand trou en entonnoir, afin que le petit trépan en occupe bien le centre ; cela se fait en inclinant les taillants du grand trépan simple. Il est peu probable que, sans cette précaution, l'on fasse un trou concentrique au premier ; le mouvement de percussion, la bonne direction du sondage s'y opposent ; d'ailleurs, comme l'opération que j'indique ne nécessite aucuns frais, ne retarde pas l'approfondissement, et qu'en outre il peut se trouver, là où le trépan va commencer le petit trou, un point siliceux un peu dur, qui ferait dévier le petit trépan, il convient de faire cette opération, afin d'éviter la chance qu'il y aurait de prendre une mauvaise direction.

Quand le petit trou est fait, il s'agit de l'élargir au diamètre primitif ; pour cela, on munit le téton du grand trépan d'un petit tuyau fermé à sa base, laissant 1 centimètre de jeu dans l'avant-trou, et distant de son orifice de la hauteur maximum dont le trépan est élevé pour battre, c'est-à-dire, qu'à chaque coup de trépan, le bord du tuyau viendra de niveau avec l'orifice du petit trou ; par ce moyen, les débris résultant de l'élargissement ne tombent pas au fond, et l'on est dispensé de les aller chercher par des voyages, toujours longs. Il convient, néanmoins, de descendre la soupape à fond, tous les huit ou dix jours, afin de ne pas laisser s'y accumuler les débris de roches qui sont assez difficiles à prendre en pareille position. Si le petit trou n'était pas exactement posé dans l'axe du grand, l'on conçoit que, dans l'élargissement, il serait impossible d'employer un trépan à téton, muni d'un tuyau comme je viens de l'indiquer ; l'on serait

réduit alors à se servir d'un trépan plat, et à laisser s'accumuler au fond du petit trou les débris résultant de l'alésage ; ce qui amènerait une grande perte de temps.

SONDAGES HORIZONTAUX.

Un sondage horizontal se fait de la même manière qu'un sondage ordinaire. Lorsqu'il ne s'agit de le pousser qu'à 3 à 4 mètres, l'on dispose (fig. 4, pl. 18) une tige emmanchée à une tarière sur un tréteau DBD (voy. aussi fig. 4 bis), de manière à ce que les points R, R′ R″ soient situés sur une horizontale ; les hommes appliquent leur force sur un manche *ef* ou sur deux à la fois, et disposés en croix, et appuient sur la sonde en même temps qu'ils la tournent ; c'est-à-dire que leur travail est le même que celui d'un charpentier perçant un trou horizontal avec une tarière dans une pièce de bois. La précaution que doivent prendre les ouvriers, c'est de donner à RR′ R″ peu de longueur, et de rapprocher, lorsqu'ils commencent le trou, le tréteau assez près du terrain pour que le poids de la tarière ne produise pas une issue inclinée. Lorsque le trou de sonde doit dépasser une dizaine de mètres, il est important de se servir de deux tréteaux pour guider la sonde et d'en placer un presque à l'orifice du trou, afin de le bien commencer. Lorsque la tarière a pénétré de 3 ou 4 mètres dans le terrain, il est inutile de laisser le premier tréteau près du trou ; on l'en éloigne de 2 mètres, et l'on en place un second à 3 mètres plus loin ; il sert de point d'appui à la sonde pour la retirer lorsque la tarière est pleine. Si l'emplacement le permet et que le sondage doive être poussé à 40 ou 50 mètres, l'on établit de nouveaux tréteaux derrière les premiers, et à des distances successives de 7 à 8 mètres ; on les fixe au sol au moyen de pieux à tête, ou on les charge de fardeaux quelconques. Les tréteaux portent un petit rouleau qui facilite le retrait et l'introduction de la sonde, que l'on peut effectuer sans dévissage.

L'on pourrait, au lieu d'une série de 5 ou 6 rouleaux, en em-

ployer un seul mobile sur des palplanches; mais, outre que ce système est moins commode que le précédent, il en résulte aussi cet inconvénient que, au fur et à mesure que le point d'appui de la sonde s'éloigne de l'orifice du trou, la tarière en dégrade les parois.

La figure 5 représente un sondage horizontal dans des roches inclinées qui exigent un mouvement de percussion.

Tout près du point où doit commencer le sondage, l'on établit une potence ACLB, implantée solidement dans le sol, d'une quantité LB, et assujettie par deux jambes de force NO; entre ces deux jambes tourne un rouleau R sous le mouvement de la sonde; deux madriers LM se relient à la potence et reçoivent un trépan j,K, muni d'un coussinet dans lequel passe une tige arrondie, laquelle est coiffée par une tête de sonde, dont l'anneau est une chappe à longues branches entre lesquelles tourne une petite poulie. La tête de la chappe est munie d'un crochet tournant, dans lequel on passe un cordage qui va s'enrouler sur un treuil ordinaire, à une distance égale à la longueur des tiges si l'on est obligé, faute de place, de les dévisser successivement, et égale à la sonde entière si elle peut être retirée et introduite dans son entier.

Entre les madriers horizontaux LM, est un rouleau D′ dont l'axe est très solide; une corde ordinaire, ou un câble en fil de fer, ce qui est préférable, est fixé en C, passe sur la petite poulie de la chappe de la tête de sonde, revient sur le rouleau ou poulie D′, et supporte à son extrémité un poids E, qui se meut dans une excavation pratiquée à cet effet. L'on dispose les points C et D′ de manière à ce que le cordage fasse, avec la sonde horizontale, deux angles égaux. C'est ce que la figure n'a pas indiqué; pour qu'elle fût exacte, il faudrait que les points C et D′ se trouvassent sur une verticale, et pour cela il n'y a qu'à reporter la potence en arrière, telle qu'elle se trouve dans la figure, et la munir, du côté du terrain, de deux madriers semblables à LM, qui porteront le tréteau j,K et à leur extrémité le rou-

leau R à la hauteur convenable. Comme on le voit, le poids E, entraîne la sonde vers la roche à percer, et dans la direction de l'axe du système, de manière que si, à l'aide d'un treuil GF, l'on retire la sonde d'une certaine distance, et que l'on cesse subitement l'effort de traction, le trépan frappera la roche, en vertu de la vitesse que lui communique le poids E.

J'ai indiqué ici le système de percussion à la corde, tel qu'il est décrit dans un chapitre précédent. L'on conçoit que l'on peut en employer un autre; cependant, comme la sonde doit être séparée de la roche par une plus grande distance que dans un sondage vertical, le système de percussion à came ne donnerait pas au poids moteur E, la hauteur de chute convenable; l'on ne pourrait donc appliquer au travail d'autre mode de percussion que celui du débrayage ou de la corde à frottement, comme l'indique la figure.

L'on peut, par un sondage horizontal, tout aussi bien que par un sondage ordinaire, obtenir des eaux jaillissantes, toutes les fois que le trou de sonde sera disposé, par rapport aux couches inclinées du terrain, comme la figure le montre; lorsqu'en outre quelques-unes de ces couches seront meubles ou assez fissurées pour permettre aux eaux d'y circuler, l'on sera certain de leur donner un débouché sur le flanc de la colline, si toutefois on a la persévérance de pratiquer assez loin le trou de sonde.

Le frottement de la sonde sur la paroi inférieure du sondage étant la principale résistance qui s'oppose à l'action du poids moteur E, il conviendra, de couler une colonne de tuyaux pour diminuer cette première cause de perte dans l'effet utile. Il est encore deux raisons qui commandent ce tubage; la première c'est que la sonde rend, par son mouvement continuel sur une même ligne, le trou ovale et finit par creuser une espèce de sillon dans les inégalités duquel s'engage le trépan, que l'on a peine alors à conduire à fond. Une colonne obviera encore à cet inconvénient. La seconde raison qui doit déterminer le tubage, c'est la rectitude du trou; l'on conçoit que, dans des couches

un peu tendres, les tiges tendent naturellement à baisser et à produire une ligne courbe; si l'on attendait trop longtemps pour remédier à cet inconvénient, il ne tarderait pas à s'opposer à la continuation du forage.

La première tige du fond (le porte-outil) doit être longue et peu flexible; le trépan, la tarière et tous les outils foreurs doivent avoir une tige qui fasse suite de grosseur à celle qui la surmonte. On comprend que si un outil lourd est adapté à une tige faible, cette dernière fléchira sous le poids de l'outil qui prendra alors une direction oblique; il en est autrement lorsque toute la première tige est longue et forte, attendu que, pesant également en tous ses points et étant pour ainsi dire inflexible, il faudrait pour qu'elle obliquât qu'une couche épaisse et sans consistance favorisât ce mouvement. Dans les terrains solides, la tige conservera donc l'horizontalité, ou à peu de chose près. Quant au cordage ou câble en fil de fer, à l'axe de la poulie D' et au point d'attache C, qui devrait, comme nous l'avons dit, être situé sur une verticale élevée du point D', ainsi qu'aux différentes parties de la potence, l'on se fera une idée de la solidité qu'ils doivent avoir, en considérant que le poids moteur devra être porté, pour 50 mètres de longueur, à 5 ou 600 kilogrammes, et que sa hauteur de chute, pour produire un effet sensible, doit être de 50 centimètres au minimum.

Les tiges de sonde risquent moins de se casser dans un sondage horizontal que dans un trou vertical, et l'accident ayant lieu, on le répare à l'aide des outils raccrocheurs décrits précédemment.

SONDAGE DANS UN ANGLE DE MURS.

Le mouvement circulaire de la sonde exige ordinairement un emplacement de 2 mètres de diamètre, et, au minimum, de $0^{m},60$ pour les petites dimensions; le sondage ayant lieu tangentiellement à une surface ou dans un angle, l'on est obligé, pour donner à la sonde le mouvement nécessaire, de se servir de 2 tourne-à-

gauche, dont l'un tient la sonde pressée contre l'obstacle qu'elle doit vaincre, tandis que l'autre la prend sur le côté opposé pour la ramener à son tour, au point où la tenait le premier, et ainsi de suite. Lorsque l'on agit seulement par percussion, un seul tourne-à-gauche léger suffit, surtout si le terrain est homogène et ne donne pas lieu à des dévers; le mouvement de ce tourne-à-gauche étant toujours fort incommode, je donne (fig. 6) un instrument qui peut en tenir lieu et dont la manœuvre est beaucoup plus facile.

La tige A, sur laquelle on met ordinairement les manches et tourne-à-gauche, est arrondie pour recevoir une douille de l'épaisseur B'''B'''' et qui forme une seule pièce avec deux chappes DDDD, D'D'D'D' et le levier AC; la douille repose sur un plateau AB' crénelé sur une distance BB'; au-dessous se trouve un autre plateau AB de plus grand diamètre que le premier; ils sont liés ensemble par des boulons ou des rivets; le plateau inférieur porte une douille de 0^{m},15 de hauteur, au moyen de laquelle on fixe les plateaux à rochets sur la tige arrondie, par des vis dont les pointes entrent dans les petits trous de ladite tige. Le grand plateau à rochets reçoit un cliquet I*j'* fixé dans la chappe DDDD par le boulon *ff*; il en est de même du petit plateau et du cliquet I*j*. Sous chacun des cliquets est un petit piston à charnière, qui sert au besoin à empêcher l'un d'eux de fonctionner. Lorsque l'on tourne à droite, par exemple, pour la percussion, l'on soulève le cliquet I*j'* pour qu'il ne s'oppose pas au mouvement contraire du manche AC, quand à chaque coup de trépan l'on fait revenir le bout *j* du cliquet, devant une troisième ou une quatrième dent en arrière, pour continuer à tourner la sonde. Lorsque l'on a besoin de tourner à gauche, l'on relève à son tour le cliquet I*j*, et l'autre seul fonctionne. Afin que les cliquets n'abandonnent pas les rochets, ils sont pressés par un ressort HG' ou HG que l'on peut éviter en leur donnant un peu de poids.

CHAPITRE VII.

TUBAGES.

DES TUYAUX DE RETENUE ET DES TUYAUX D'ASCENSION.

Les tuyaux de retenue ont pour but d'empêcher l'encombrement du sondage par les éboulis des couches meubles ou d'autres couches croulantes ou déliquescentes ; ils doivent être en tôle de première qualité, douce, susceptible de se ployer, de se bossuer. La tôle aigre donne lieu à des accidents graves, coûteux et souvent irréparables ; une seule feuille cassante peut perdre un sondage de 100 et 200 mètres.

Les tôles d'Imphy, du Berry, de Franche-Comté et de Framont sont celles que, jusqu'à présent, j'ai employées de préférence.

L'épaisseur de la tôle doit être proportionnée aux diamètres des tuyaux.

Pour les tuyaux de $0^m,50$ de diamètre, la tôle doit avoir $0^m,005$ d'épaisseur ; pour ceux de $0^m,30$ à $0^m,40$, l'on prend celle de $0^m,004$; pour ceux de $0^m,15$ à $0^m,30$, la tôle de $0^m,003$ est suffisante ; au-dessous du diamètre $0^m,15$, deux millimètres à deux millimètres et demi suffisent.

Les tôles à employer doivent, autant que possible, être de 3 mètres de longueur, pour éviter la multiplicité des frettes de jonction, qui, outre l'inconvénient d'augmenter le poids et le prix sans utilité, ont celui, plus grave, de multiplier le frottement dans la descente si elles sont extérieures, ou de répéter le frottement des outils et tiges si les frettes sont intérieures.

Les tuyaux doivent être tournés à froid, quelle que soit leur épais-

seur; c'est le seul moyen de reconnaître s'il y a des feuilles aigres; dans cette opération, la tôle aigre se gerce et doit être rejetée.

Les tuyaux de retenue se font de plusieurs manières : la plus ancienne, et encore aujourd'hui la plus en usage, est de doubler la tôle sur 4 à 5 centimètres, et de la bien battre sur les bords, afin de prendre le moins d'épaisseur possible. Cette doublure est clouée avec des rivets en fer doux de 1 centimètre de diamètre, espacés chacun de 4 à 5 centimètres. Les têtes doivent être très plates à l'intérieur comme à l'extérieur; j'insiste beaucoup sur l'aplatissement des têtes de rivets; en effet, si, sur une grande longueur, les rivets intérieurs ne sont pas complétement aplatis et bien adhérents à la tôle, les outils de manœuvre en montant ou descendant plusieurs fois par jour, pourront porter sur leurs parties saillantes et finir par les détacher ou par déchirer la tôle; de là, la répétition d'accidents auxquels le tubage avait pour but de remédier.

Le rivage plat à l'extérieur n'est pas moins important. Un sondeur expérimenté diminue toujours le moins possible le diamètre de son sondage : ainsi, dans un trou de $0^m,30$ de diamètre, l'on descend des tubes de $0^m,28$ extérieur; c'est donc 1 centimètre de jeu seulement autour des tuyaux. L'épaisseur des tôles des frettes et des rivets ne permettant ensuite de travailler qu'à $0^m,26$, les diamètres des colonnes à descendre successivement dans un forage diminuent donc progressivement de $0^m,04$ à $0^m,05$; cependant, lorsque les tuyaux ont été bien confectionnés par le chaudronnier et assemblés par des manchons non fermés, qu'en outre le sondeur les descend dans le trou de sonde en ayant soin de les plomber, la déperdition du diamètre d'une colonne, à l'intérieur de la suivante, peut n'être que de $0^m,025$. A Donchery, une colonne de 330 mètres descendue en huit jours, n'a réduit le diamètre que de $0^m,16$ à 0,135. Il y a quelquefois dans les sondages profonds, présentant des alternances fréquentes de terrains durs et de terrains éboulants, jusqu'à six colonnes de tuyaux.

Le second mode d'établir les tuyaux de retenue est en même

temps applicable aux tuyaux d'ascension ; il est nouveau, c'est celui de M. Ledru (pl. 1, fig. 17). Ses tubes en tôle galvanisée, au lieu d'être cloués, ont une nervure formée avec les deux côtés de la tôle réunis par une baguette faisant agrafe ; ces différentes tôles, repliées sur elles-mêmes sont ensuite soudées, et offrent une grande solidité et une imperméabilité parfaite. La couture se place indistinctement en dedans ou en dehors du tuyau ; je la préfère extérieure, pour ne pas la mettre journellement en contact avec les outils travailleurs. Je n'emploie ces tubes que pour les colonnes d'ascension.

Une troisième manière de faire les tuyaux est d'encastrer les bords l'un dans l'autre, et de les braser ensuite. Elle a l'avantage de prendre moins d'épaisseur que la baguette à agrafe ; mais ce mode exige beaucoup de soin.

Les tuyaux fabriqués par les procédés ci-dessus indiqués se descendent dans les forages par longueur de 6, 7 et 9 mètres ; la réunion des tôles a lieu au moyen des frettes et manchons qui sont représentés planche 6, figures 1, 2, 3. Ces frettes, qui doivent avoir $0^m,12$ à $0^m,16$ de hauteur, sont placées soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des colonnes. Les colonnes doivent reposer exactement l'une sur l'autre, et les frettes être rivées moitié sur chacune d'elles. Il est important que les deux circonférences de rivets soient aussi rapprochées que possible de la ligne de contact des tôles, c'est-à-dire des bouts de tuyaux ; si les manchons ont $0^m,20$ à $0^m,25$ de hauteur au lieu de $0^m,12$ à $0^m,16$, comme il est dit ci-dessus, il convient de les consolider par des rivets placés au-dessus des circonférences dont je viens de parler. La planche 7 (figures 9 et 12), et les explications suivantes, indiquent de quelle manière l'on réunit ensuite dans le forage, au moment de la descente, les différents bouts destinés à ne former qu'une seule et même colonne.

Soit *fg* (fig. 12) l'ouverture de l'excavation *fghi* du sondage sur laquelle est installée la chèvre. L'on descend un premier bout de tuyau dans le trou de sonde en le retenant par un simple cordage

(fig. 12, pl. 6), ou par le collier de fer (fig. 13, même planche); sa frette B (fig. 12, pl. 7) étant arrivée à $0^m,50$ ou $0^m,60$ au-dessus du plancher, on fixe le tuyau à l'aide du collier à boulons E, représenté en grand (pl. 6, fig. 7). Cela fait, le chef sondeur descend sur le premier plancher D' D, établi le plus bas possible dans l'excavation sur deux chevrons ou madriers invariables, et fixe avec quatre fortes pointes les deux planches qui forment collier sur le tuyau; puis il commande à l'ouvrier qui tient la plaque du fil à plomb de diriger la tête B à l'aide du collier E du côté indiqué par le fil à plomb qu'observe le chef sondeur. Lorsque le tuyau est ainsi placé dans un premier plan bien vertical, l'ouvrier qui est sur le plancher LM lève le plomb et le passe par l'ouverture P du collier, faite dans une direction perpendiculaire à la première; le plomb battant ou plutôt effleurant encore de ce côté le tuyau, on le retire une deuxième fois pour vérifier la verticalité premièrement obtenue; puis le chef de sonde crie à l'ouvrier du haut de laisser là le collier E, et de l'arrêter latéralement par quatre tasseaux préparés d'avance. Le tuyau inférieur, ainsi plombé, est surmonté du bout suivant AB, que l'on plombe de la même manière à l'aide d'un troisième plancher D'' D''' établi dans la chèvre; l'on fixe de même par quatre pointes les deux planches mobiles qui forment collier autour du tuyau, puis l'on se prépare à river. Sans ces précautions prises minutieusement, l'on s'expose à réunir les bouts de tuyaux comme le montre la figure 13, planche 7.

Les rivets sont en fer doux à tête plate (pl. 7, fig. 11). Ils sont descendus un à un vis-à-vis de l'emmanchement à ajuster, tirés de même avec le crochet de fil de fer *ef* (fig. 2, pl.6), et rivés successivement avec les instruments dont il va être question tout à l'heure; lorsque le riveur ou plutôt l'outil à river s'oppose à ce que l'on descende les rivets avec la ficelle, on les attache ensemble à l'extrémité inférieure de la partie fixe de l'outil (pl. 16, fig. 8); puis on les tire un à un, avec le crochet de fil de fer pour les présenter à l'outil; ou bien, on les prend tous, en ayant soin de les tenir par

les bouts de ficelle qui leur restent, puis on leur présente successivement l'outil à river.

L'outil à river peut avoir diverses formes : un simple trépan (fig. 6, pl. 16) remplit le but lorsque l'on n'a pas besoin de beaucoup d'exactitude ; la femelle d'une tige de sonde pressée par un coin en fer peut aussi servir de mandrin ; ce qui lui est préférable est un cône en fer (fig. 8, pl. 16), ayant une partie méplate sur laquelle la pièce fait coin (fig. 7, même planche). Les tiges du cône et du coin dépassent de quelques décimètres la longueur du tuyau dans lequel elles sont mises en œuvre.

Avec le cône, les trous peuvent être tous bouchés avant que l'on ne procède au rivage ; mais il en résulte l'inconvénient de ne pouvoir pas bien orienter l'outil.

Au lieu d'un cône et d'une palette en fer, l'on se sert aussi d'un demi-cône, c'est-à-dire d'un tronc de cône en bois ferré, coupé obliquement à son axe ; sur cette section, glisse une autre partie de tronc de cône, qui presse la surface convexe du premier contre les rivets. Les tiges de ces deux pièces peuvent être en bois, de 5 à 6 centimètres de grosseur, lorsque le diamètre du tuyau le permet.

L'outil qui me semble le plus propre à l'opération dont il s'agit, est celui fig. 9, pl. 7. Il se compose de 2 tringles en fer, terminées, l'une A B C, par un tronc de pyramide, muni d'une partie saillante circulaire *lm*, d'une tête A qui la maintient dans la clef de relevée ou pied de bœuf, et, en outre, d'une pièce fixée avec boulons que l'on peut monter ou descendre à volonté, et qui sert à faire jouer le levier PQ autour du point P. La seconde tringle est terminée par une palette *f*, à laquelle on a ménagé deux nervures latérales glissant dans les rainures *ijk* de deux oreilles G ; l'on voit que la palette, en descendant sur la face inclinée de la première pièce, occupe de *f* en *lm*, un diamètre ou une ligne de plus en plus grande, et qu'enfin il arrive un instant où le point *f*, partie verticale de la palette, en affectant la courbure du tuyau, vient presser la tête du rivet quelque mince qu'elle soit ; l'on donne quelques

légers coups de marteau sur la tête de la tige de la palette en D, puis l'on coupe le rivet (fig. 11, pl. 7) à la lime ou à la scie, assez pour que l'on n'ait pas besoin de faire tomber la partie inutile avec le marteau, ce qui décollerait la tête à l'intérieur, puis l'on rive. La rivure étant achevée, on laisse la tige A B C en place et on relève la palette *f* à l'aide du levier P Q, agissant de bas en haut sous la pièce R S. Comme les trous de la frette du haut du tuyau correspondent verticalement avec ceux de la frette inférieure, il suffit de tourner la pièce ABC à l'aide du levier jusqu'à un nouveau trou, pour que la palette se trouve, en bas, vis-à-vis d'un nouveau rivet. L'on peut du reste se dispenser de boucher d'abord tous les trous de rivets ; il vaut, au contraire, mieux le faire successivement, parce que, par les trous voisins, l'on s'assure de la bonne position de la palette.

Lorsque l'emmanchement du tuyau à river est gai, il faut avoir la précaution de poser deux premiers rivets en regard l'un de l'autre, puis deux autres sur une ligne perpendiculaire à la première, afin de ne pas déranger la verticalité des deux bouts à réunir. L'outil à river que nous venons de décrire, a, sur celui de bois, l'avantage de s'opposer aussi solidement au coup de marteau qu'un mandrin plein de chaudronnier.

La commande d'une colonne de garantie doit indiquer bien exactement au chaudronnier le diamètre intérieur et le diamètre extérieur; pour vérifier le premier, l'on exige le passage dans toute la longueur de chaque bout, d'un disque adapté à une tringle, et pour le second, on se sert d'une bague tournée dans laquelle passe aussi toute la colonne.

La rectitude de la colonne ne doit pas être mesurée avec un compas d'épaisseur, mais bien par l'espace que laissent entre elles deux règles AB, CD (fig. 11, pl. 15). Ce mode de vérification est le seul rationnel pour des tubages qui demandent de l'exactitude, et son application est facile partout.

Lorsque, pour un tubage exact, un sondeur reçoit d'un endroit

éloigné de lui, une colonne de garantie, il doit en vérifier la rectitude par le moyen indiqué précédemment ; si quelques têtes de rivets sont trop grosses, et s'opposent seules à l'interposition du tuyau *efG* entre les règles, il peut les limer à fleur de tôle ; si, au contraire, le défaut de calibre extérieur provient de la courbure de l'un des bouts qui composent la longueur *efG*, il peut lui-même y porter remède en chauffant le bout courbe, et en le dressant sur un mandrin de chaudronnier ou à l'aide de son outil à river. Lorsque le diamètre du tuyau est petit, on peut effectuer ce redressement comme on le ferait pour une tige de fer, c'est-à-dire en chauffant la partie la plus saillante de la courbe, et en appuyant sur les deux extrémités ; seulement on doit penser à refroidir la partie convexe, pour ramener en ligne droite la partie concave.

Si le sondeur a plusieurs petits bouts de colonnes à descendre dans le trou de sonde, il peut, pour accélérer la besogne, établir, en dehors de la baraque de l'atelier, un chantier composé de quatre pièces de bois A A'A''A''' (fig. 10, pl. 15), situées dans le même plan horizontal, et échancrées de manière à embrasser la demi-circonférence du tuyau, ou bien munies de chevilles saillantes remplissant le même but ; quand il a plusieurs petites longueurs, ainsi emboîtées et posées en ligne droite sur le chantier, il procède au rivage à l'aide de son mandrin double ci-dessus décrit.

Lorsque le chaudronnier de la localité n'a pas de mandrin de longueur et de grosseur suffisantes pour la confection de quelques bouts de tuyaux, il peut se servir d'une pièce de bois de bon chêne, arrondie et encastrée à l'une de ses extrémités, tandis que l'autre est munie d'une plaque de tôle forte, ou plutôt d'un petit T à moitié logé dans une mortaise pratiquée dans le bois. Ce mandrin tient très bien coup, pour des diamètres de 0,14. Au-dessous de cette dimension, l'on peut, à peu de frais, construire un mandrin plus solide que le premier, en fixant une bande de fer de 0,02 d'épaisseur et de la largeur que demande le tuyau, entre deux joues en bois arrondies.

L'on peut avoir besoin d'agrandir une colonne, lorsqu'il n'y a pas dans le pays d'ouvrier capable d'en faire une nouvelle; l'on y parvient facilement en défaisant la couture de la petite colonne pour obtenir la grandeur voulue, et en bouchant l'ouverture qui en résulte par des bandes de tôle cintrées préalablement selon la courbure demandée et abattues longitudinalement en chanfrein. Les rivets sont distants de chaque côté de la bande de $0^{m},10$, et placés de manière à ce que, pris en somme, cette distance ne soit que de $0^{m},05$.

Lorsqu'une colonne a été descendue plusieurs fois dans les trous de sonde, les passages des rivets deviennent trop grands, et si les bouts n'ont pas été resserrés, les trous de rivets ne se raccordant pas, il faut encore les équarrir. Au lieu de les agrandir outre mesure, il est urgent, pour la solidité des emboîtements à refaire, de couper chaque mâle, de le présenter à la femelle pour y marquer les points de rivets avec une pointe à tracer, puis de percer de nouveaux trous à la bascule; l'on aura soin de tenir toujours ces trous un peu plus petits que les rivets. Le percement à la bascule, de ces nouveaux trous est préférable au défoncement de la tôle par un poinçon ou une pointe d'équarrisseur, parce que, si la tôle est aigre, ces deux outils la feront fendre.

Le sondeur peut aussi, à l'aide de son mandrin double, poser les frettes lui-même, lorsqu'il en rencontre quelques-unes dont les trous ne se raccordent pas avec ceux du mâle, ou qu'elles ont été abîmées par des chocs de mouton; inconvénient que l'on peut toujours éviter, avec du soin et quelques précautions.

CONFECTION DES TUYAUX DE TÔLE.

La machine la plus simple, mais en même temps la plus imparfaite pour rouler ou cintrer suivant un diamètre donné les feuilles de tôle, consiste en un seul cylindre sur lequel on fixe la tôle et que l'on fait tourner à l'aide d'un levier; la feuille est contrainte

à passer entre le cylindre et une ligne qui lui est parallèle, et qui est fixée à une certaine distance qui varie selon la courbure demandée. Comme cette courbure n'est jamais exacte, on a recours au marteau, et l'on achève le tube ébauché sur un mandrin encastré par une de ses extrémités.

MACHINE A CINTRER.

Deux premiers cylindres de rayons égaux *qr* et *o b*, sont surmontés d'un troisième *ft* (fig. 3, pl. 8); mobiles dans leurs boîtes, ainsi qu'on le voit clairement fig. 4, ils peuvent s'éloigner ou se rapprocher. Le système d'engrenage à double pignon, fig. 2, met en mouvement les cylindres *qr* et *ft*, qui laissent entre eux, ainsi que *ft* et *ob*, un espace égal à l'épaisseur de la tôle, moins une faible quantité. Lorsque la feuille de tôle, introduite entre les deux premiers, arrive au troisième, celui-ci se meut à son tour et force la feuille à se plier exactement autour du cylindre *ft*. Si ce dernier a $0^m,20$ de diamètre, l'opération que je viens de décrire aura produit un tube de ce même diamètre. Mais pour obtenir ce résultat de la même manière pour différentes dimensions, il faudrait changer autant de fois le petit cylindre *ft*. C'est un inconvénient auquel on remédie ainsi qu'il suit : l'on recule le cylindre de gauche *o b* d'une certaine quantité, en laissant celui de droite dans les conditions précédentes avec le petit cylindre ; les trois cylindres ainsi disposés, la feuille, au lieu de se replier exactement sur le cylindre *ft*, passe au-dessus de lui, suivant une circonférence plus grande que la sienne, et qui leur est tangente en *z* (fig. 3 et 4). L'on obtient encore ainsi un tube exact et d'une dimension donnée après quelques essais de rapprochement ou d'éloignement du cylindre *o b*.

Un quatrième cylindre AB (fig. 3), mobile dans la même boîte que celle du cylindre *f t* pèse sur ce dernier, dans le but d'en empêcher la flexion. C'est une addition que j'ai été obligé de faire pour le cintrage des tubes de $3^m,50$ de longueur, de $0^m,08$ seule-

ment de diamètre, et de $0^{m},004$ d'épaisseur, que je destine à être employés comme sonde. Sans la protection du cylindre supérieur, le cylindre intermédiaire se serait courbé et brisé. Celui-ci, seul, est en fer forgé; les trois autres sont creux, en fonte, traversés par des axes en fer, mobiles dans des coussinets en bronze. Le tout est monté sur un bâti en fonte ou en bois. L'on voit encore de petits galets B'. B'' (fig. 3), et B (fig. 1); ils s'opposent à la flexion des cylindres latéraux.

Au lieu d'un engrenage pour communiquer le mouvement aux cylindres, l'on peut munir ceux-ci de trous dans lesquels passent des leviers; mais il n'y a, à cette simplification, aucune économie, attendu que, pour manœuvrer les leviers, il faut employer beaucoup de monde, tandis qu'un seul homme appliqué à la manivelle de l'engrenage fait faire facilement à une feuille épaisse un tour de cylindre.

Les feuilles ainsi roulées sont préalablement percées longitudinalement et circulairement, pour recevoir les rivets de la couture et des manchons; de sorte que tous les bouts de tuyaux doivent, pris au hasard, se raccorder exactement.

TUBES DE GARANTIE EN BOIS.

Les premiers tubes de garantie en bois, dont il est question dans l'ouvrage de M. Garnier, étaient de simples caisses quadrangulaires en chêne; j'ai employé aussi de ces caisses en bois pour le soutènement des premières couches meubles, tels que graviers, etc.; mais je leur donnais la forme hexagonale; je les armais, ainsi que l'étaient les premières, d'un sabot en fer ABCD E*f*GH (pl. 6, fig. 5) à 6 branches, rivées solidement sur le milieu de chacune des faces du prisme; ces caisses auxquelles je donnais 50 à 60 centimètres de diamètre, étaient violemment chassées au mouton qui frappait sur une tête Z.

J'ai à peu près renoncé à l'emploi de ces caisses, parce que leur

enfoncement exige plus de temps que celui d'un simple tube en fer, et que le diamètre des outils que l'on peut y descendre, est trop petit, comparativement à celui qu'embrasse l'extérieur du cercle circonscrit de la base de l'hexagone ; en outre, l'épaisseur qu'on est obligé de donner au bois, pour qu'il résiste aux chocs du mouton, s'oppose aussi à sa pénétration dans le terrain.

Les tubes en bois qui servent de colonne d'ascension, sont aussi employés comme colonne de garantie; la fig. 4, pl. 6, représente deux portions de ces tubes assemblés pour la garantie des terrains ; ils doivent être en bois solide, chêne ou orme; ils sont emmanchés à tabatière ; les parties pénétrantes ont de 15 à 20 centimètres de hauteur, et leur ligne de jonction est recouverte par une frette en tôle de $0^m,003$ d'épaisseur sur 8 à 10 centimètres de hauteur, fixée avec des vis à bois; cette frette n'est là que pour s'opposer à la fente du bois et pour empêcher les bouts supérieurs d'une longue colonne d'être soulevés par l'eau, lorsqu'ils ne sont pas encore en contact avec le terrain. Ces bouts sont munis à leur base, comme le sont les caisses décrites plus haut, d'une armure en fer qui facilite leur pénétration dans les couches qu'ils doivent intercepter, et s'oppose à leur destruction sous les coups du mouton. Le volume des tubes en bois étant plus léger que pareil volume d'eau, ils ne tardent pas, lorsqu'ils composent une longue colonne, à être chassés de bas en haut; on obvie à cet inconvénient au moyen de quelques tiges de sondes qui les forcent à descendre.

Lorsque la colonne de bois est à fond, il faut avoir soin, si la partie supérieure est libre dans le sondage, de la fixer sur le plancher de manœuvre avec un collier sur lequel on appuie des madriers ; sans cette précaution, les mouvements de la sonde venant à disjoindre la colonne, il s'établirait entre la partie libre soulevée par l'eau, et la partie inférieure retenue au fond, un vide par lequel s'écouleraient des débris.

On ne doit pas manœuvrer les tuyaux de bois par torsion ; en

le faisant, on court le risque de les disjoindre. Pour les soulever, s'ils tiennent un peu fortement dans le trou de sonde, il faut les prendre à la base avec un crochet ou une caracole à charnière; pour les enfoncer, il faut sonner dessus avec un mouton, ou agir par une forte pression.

CONFECTION DES TUBES EN BOIS.

Le moyen de percer les tubes est connu de tout le monde : il consiste dans l'emploi de différentes gouges dont on augmente successivement le diamètre au moyen de plaques fixées à leur dos.

Un autre moyen, et c'est le meilleur, consiste à tourner les deux extrémités de la pièce, à loger ensuite ces deux parties dans des poupées à lunette, et à pousser une mèche bien assujettie dans la direction de l'axe de la pièce, en imprimant, soit à la mèche, soit à la pièce elle-même, le mouvement de rotation nécessaire au percement. Il est toujours prudent, surtout pour des tubes de petit diamètre et dont l'épaisseur de bois doit être faible, de faire un avant-trou petit, afin que si des nœuds tendent à faire pratiquer un trou oblique, ce défaut puisse être corrigé par le passage des mèches suivantes.

Le percement doit toujours avoir lieu avant la mise en rond parfaite du tube; la rectitude doit être mesurée, vérifiée par le procédé décrit pour les tuyaux de fer.

Complétement recouverts d'eau, les tubes en bois se conservent indéfiniment; aussi sont-ce les meilleurs tubes d'ascension. Enfouis dans un sol humide, ils ne tardent pas à y pourrir. Si l'on veut les conserver en cave fraîche, il faut avoir soin de les isoler du sol ou des murailles. Dans un lieu un peu sec, ils se conservent aussi fort longtemps, mais, pour cela, il faut les munir de frettes.

EMBOÎTEMENTS.

La fig. 14 (planche 7) indique un outil propre à faire les mates; il est composé d'un fût en bois dont la partie inférieure cylindri-

que, a un peu moins de diamètre que le trou du tube; au-dessus est une partie plus forte, frettée, sur laquelle est fixé dans une rainure un couteau en acier qui descend le long de la partie inférieure AB, d'une quantité CD, égale à la profondeur de la femelle; CD représente le tranchant d'un couteau dont le bas *f* est construit en forme de mèche de tarière. Le fût se termine par une partie prismatique *hl*, destinée à recevoir un manche en bois (fig. 15), et est muni d'une chappe dans l'anneau de laquelle on passe une corde pliée sur une petite poulie, et dont on se sert pour élever ou abandonner le fût.

L'instrument qui fait le mâle est semblable au dernier, si ce n'est que le couteau, au lieu d'être adhérent à la partie AB, en est éloigné de l'épaisseur du bois de la femelle; l'on dispose les couteaux dans les deux cas de manière à faire l'emboîtement un peu conique et laissant du serrage. De cette manière, les colonnes frettées et gonflées par l'eau sont hermétiquement closes.

La méthode décrite par moi dans le tome XIV des *Annales des Mines* a été longtemps le plus en usage; elle sert encore dans les forages n'ayant pas plus de 50 mètres de profondeur, ou pour la première colonne d'un plus grand sondage, descendue comme guide dans une profonde excavation, ou comme colonne de garantie dans des terrains facilement pénétrables; aussi vais-je la donner, parce que l'outil à river, dont je détaillerai ensuite l'usage, n'existe que dans les grands équipages complets.

L'on descend d'abord un premier bout de tuyau dans le sondage, en le saisissant par le haut, au moyen d'un collier en fer à anses (fig. 13, pl. 6) ou d'une simple enchevelure en corde (fig. 12); on l'arrête sur le plancher de manière à ce que la frette *b* en soit distante d'une quantité *ba* (fig. 2, pl. 6), 1 mètre environ. Ce premier bout ainsi mesuré, descendu et fixé, l'on en présente un second à la frette; les trous de jonction se rapportant bien, ou étant alésés si leur rencontre n'était pas primitivement exacte, l'on procède à la pose des boulons à écrous, dont la planche 7, figure 10, offre

le dessin. L'on attache à une ficelle, par le crochet qui le termine, le petit boulon dont on a ôté l'écrou, et on l'introduit dans le tuyau à assembler, de manière à ce qu'il dépasse les trous d'environ 40 à 50 centimètres, au moyen d'un fil de fer *ef* (fig. 2, pl. 6), recourbé en *e*, que l'on glisse dans le trou à boulonner; l'on saisit alors la ficelle à laquelle est attaché le boulon, et lorsqu'on la tient au-dehors du tuyau, on la coupe; l'ouvrier qui se tient en haut la retire, et celui qui travaille au boulonnage tire le petit boulon, à l'aide du bout de ficelle qui le retient; il met son écrou, lime ou coupe, à l'aide d'une scie à fer, la longueur de filets inutile, et passe au trou voisin.

TUYAUX D'ASCENSION.

Les tuyaux d'ascension sont destinés à recevoir, à la base d'un sondage, et pour les conduire au sol, les eaux ascendantes rencontrées; ils doivent être parfaitement étanches, soudés ou vissés aux jonctions de manière à ce que, quelle que soit la pression que l'eau puisse exercer contre leurs parois, il n'y ait aucune déperdition extérieure; sans quoi, l'on n'obtiendrait ni la quantité d'eau, ni la hauteur totale d'ascension que la nappe peut donner.

Les tuyaux d'ascension sont, d'ordinaire, en cuivre rouge, ou en fer galvanisé, ou en fonte, à emboîture tournée, enfin en bois de chêne ou d'aulne. Leurs formes et modes de jonction sont décrits ci-après et représentés pl. 16 et 6.

Les tuyaux de bois employés comme colonne de garantie le sont aussi comme colonne d'ascension; ils sont inaltérables dans le sondage; la partie supérieure, lorsqu'elle est en contact avec l'air, peut seule se détériorer; pour éviter cet inconvénient, l'on a soin de terminer la colonne de bois par un tuyau de cuivre de 2 à 3 mètres de longueur, muni d'une calotte de même métal ou de plomb, et dans laquelle vient s'appliquer exactement la tête de la colonne de bois préparée à cet effet; plus on donne de hauteur à la calotte, plus on obtient d'exactitude d'adaptation. Lorsque cette hauteur est limitée et ne peut être, par

exemple, que de 1 décimètre, il convient d'employer le plomb, que l'on moule parfaitement à coups de maillet sur le bois, quelles que soient les irrégularités de celui-ci. Les tuyaux d'ascension en bois sont terminés par un tronc de cône à leur base, muni d'un sabot ou enveloppe de fer, ou par une simple frette (pl. 16, fig. 11, 12 et 13). Dans cette dernière, un seul bout *ab* est en bois surmonté d'une colonne en métal *ba*; dans la figure 14, il en est de même, si ce n'est que la colonne de fer, au lieu d'être adaptée dessus le tuyau de bois, le traverse et dépasse sa base de la quantité *cb'*. Les tuyaux de métal sont aussi quelquefois terminés par un sabot conique XX (fig. 15) auquel on donne beaucoup de hauteur lorsque le diamètre du sondage et la nature des terrains, dans lesquels il doit roder comme un bouchon à l'émeri, le permettent; dans d'autres cas, les colonnes d'ascension ne sont munies d'aucune surface cylindrique ou conique saillante à leur base; cela dépend encore des couches dans lesquelles ils doivent être assis.

Lorsque les tuyaux d'ascension sont parvenus au point nécessaire pour prendre toute l'eau rencontrée, l'on fait, avec du ciment romain de Vassy ou de Pouilly, de la limaille de fonte et du sable, un béton très clair que l'on coule en dehors des tuyaux d'ascension, de manière à remplir complétement tous les espaces qui peuvent se trouver vides; il est rare que l'opération du bétonnage, si elle est bien faite, ne détermine pas une augmentation d'eau, et aussi une plus grande ascension. Un tiers de ciment et deux tiers de sable et de limaille de fer ou de fonte font un bon béton; comme le ciment prend très promptement, il ne faut le faire qu'au fur et à mesure qu'on le précipite dans le sondage; il faut qu'il soit très liquide, pour ne pas former de bourrelets dans les espaces resserrés qu'il est obligé de traverser.

L'on se sert aussi, pour faciliter le tassement, d'une longue tringle de fer en vergette; cette opération, qui termine les travaux, demande à être faite avec beaucoup de soin et sans aucune interruption de jour ni de nuit.

L'espace laissé, dans le sondage, pour la colonne d'ascension, doit être le plus grand possible dans toute la hauteur où doit régner la chemise de béton dont on l'entoure. Si cet espace annulaire n'est, par exemple, que de 1 à 2 centimètres, et que, d'un autre côté, tous les bouts de colonne ne soient pas verticalement adaptés, qu'ils soient en contact çà et là avec les parois du sondage, il en résulte que le béton s'arrête en plusieurs endroits, et ne remplit pas l'espace dont il est question. Au contraire, un bétonnage effectué derrière une colonne largement espacée dans le trou de sonde, donne toujours un excellent résultat.

Lorsqu'on opère dans une localité où il n'y a pas de ciment romain, on peut le remplacer par la chaux hydraulique ; mais dans ce cas, on l'emploie par moitié au lieu du tiers, qui suffit pour le ciment romain. Il faut, pour que la chaux hydraulique ait plus de force, qu'elle soit nouvellement faite ; lorsqu'elle est en magasin depuis quelque temps, on lui rend de la force en la faisant, avant de l'employer, chauffer sur une feuille de tôle.

DES OPÉRATIONS DE TUBAGES DE GARANTIE ET D'ASCENSION.

Le tubage est une des opérations les plus importantes et, en même temps, les plus difficiles en sondage ; il demande tous les soins et l'expérience du sondeur. Si beaucoup de trous de sondes ont été abandonnés, c'est que, après les avoir commencés sur un trop petit diamètre, on a été dans l'impossibilité de tuber les couches croulantes à une grande profondeur ; les trous de sonde qui se trouvaient déjà munis de plusieurs colonnes, réduisant à quelques centimètres seulement le diamètre final. Lors donc que l'on veut explorer, à une profondeur indéterminée, un terrain dont on ne connaît que l'étage géologique, mais non l'épaisseur des couches ni leur nature, il est indispensable de commencer le sondage sur de grandes dimensions, sauf à réduire celles-ci aussitôt que l'on est certain d'avoir atteint une formation dont toutes

les assises se soutiennent et ne nécessitent par conséquent pas de colonnes de garantie.

Le sondage sur de grands diamètres marche, il est vrai, plus lentement que sur de petits; mais les accidents y sont plus faciles à réparer, et c'est seulement par ces grands diamètres que le foncement illimité du trou de sonde est certain; on peut dire, en outre, qu'en fait de sondages, l'on a toujours de l'économie à prévenir toute chance de perte.

Tubage des couches superficielles, alluvions, etc.

Le passage des terrains tertiaires des environs de Paris, nécessite ordinairement trois colonnes. La première, que j'appelle tuyau-caisse, intercepte les graviers et sables de rivières ou autres couches meubles, et descend sur les couches compactes; sa longueur, dans les contrées peu élevées au-dessus des rivières, est de 8 à 20 mètres. La descente successive de ce tube se fait ainsi qu'il suit : Soient à traverser, à partir du sol, 6 mètres de terres rapportées, puis 14 mètres de sables et graviers; si le niveau des eaux le permet, je pratique une excavation traversant les premières couches, ce qui est toujours d'un grand secours pendant tout le sondage (cependant l'on peut aussi traverser ces couches à la tarière, d'un diamètre de 27 centimètres, je suppose, si le tube de garantie que l'on veut descendre a 26 centimètres à l'extérieur; mais ce mode a un inconvénient que n'a pas l'excavation, à laquelle je reviens); celle-ci étant convenablement étayée, si les terres le demandent, l'on descend un premier bout de colonne de 5 à 6 mètres de long, que l'on maintient dans la verticale et dans la direction du câble de la poulie; si le diamètre du tube a $0^{m},24$ à l'intérieur, l'on emploie, pour retirer les sables et cailloux qui se présentent à sa base, une tarière très fermée de $0^{m},18$, dont le talon occupe à peu près les deux tiers de la surface et dont la mèche soit très couchée, afin que les sables et cailloux puissent n'en pas descendre (fig. 5, pl. 10). AB, longueur de l'instrument, n'est

que de $0^m,50$ pour des sables maigres et mêlés de gros cailloux roulés ; son diamètre est beaucoup plus petit que celui du tube dans lequel il travaille, afin qu'il entre plus avant dans les graviers. L'on fait, avec cette tarière presque fermée, plusieurs voyages, après lesquels le tube descend par son propre poids ; il descend le plus souvent pendant que la tarière se meut au-dessous de sa base, ou bien au moment où on la retire, en enlevant les cailloux qui le gênaient.

Au lieu d'une tarière fermée comme celle que je viens d'indiquer, l'on peut employer une tarière ordinaire ; mais il faut glaiser les sables avec des argiles compactes et en outre relever la tarière sans secousses et sans dévissage, autrement les sables qu'elle a pris coulent immédiatement. Si l'excavation est profonde, l'on s'abstient de monter la tarière chargée jusqu'au sol, on l'élève seulement à la hauteur de l'orifice du tube ; si encore la tarière est surmontée de plusieurs tiges, l'on peut en faire passer une au-dessus de la chèvre sans la dévisser. Pendant cette manœuvre le sondeur se tient à l'orifice du tube et dirige la tige, de manière à ce que la tarière n'éprouve pas le moindre choc.

S'il se présente, sous la base du tube, un caillou trop gros que la tarière ne puisse prendre ou qui s'oppose même à son passage, on le casse avec un trépan ordinaire, et l'on achève de le sortir à l'aide d'une caracole simple ou d'une caracole à charnière (pl. 13, fig. 3). L'on peut aussi prendre ceux qui ne sont pas trop gros avec un tire-bourre (pl. 10, fig. 14), ou bien avec la pince (pl. 15, fig. 12).

Le tube doit filer seul, ou en le tournant, si les sables et graviers sont maigres ; lorsqu'ils sont empâtés dans des marnes ou argiles, et que le tube refuse de marcher, on peut, en commençant, le frapper légèrement au mouton, après s'être assuré, en comparant la longueur de la sonde et celle du tuyau à partir du sol, qu'aucun caillou, resté sous sa base, ne s'oppose à sa marche.

Le tube de 6 mètres étant enfoui, l'on y en ajoute un autre par les procédés indiqués dans ce chapitre, et l'on continue le vidage dans la colonne.

Lorsque la couche d'alluvions est épaisse, il ne faut jamais oublier de protéger la base de la colonne ou du tuyau-caisse, par une frette de 10 à 15 centimètres de hauteur et de $0^m,004$ d'épaisseur.

Le passage des dépôts épais de sables et graviers ou galets, ainsi que celui des marnes sableuses avec débris de roches, s'opère plus facilement avec des tubes en fer qu'avec ceux de bois, parce que ces derniers ont une épaisseur qui s'oppose à leur glissement, et qu'en outre les élargisseurs, tels que caracole à charnière et autres, y fonctionnent moins bien. L'on conçoit, en effet, qu'un élargisseur fermé, remplissant à peu près le tuyau, a peu besoin de s'ouvrir pour fouiller au-delà de l'épaisseur de la tôle et dégager la base du tube de ce qui l'empêche d'avancer, tandis que l'aile de l'élargisseur a, pour le même résultat, bien plus de chemin à faire sous la base d'un tube en bois. Néanmoins, à défaut du premier, l'on emploie celui-ci. J'engage aussi à mettre les frettes en dedans pour le tuyau-caisse, cela évite des frottements.

La descente du tuyau-caisse sur le terrain solide, par exemple sur des marnes et calcaires d'eau douce, étant effectuée, on laisse dans l'excavation toute la partie qui s'élève du fond jusqu'au sol, pour servir de guide aux outils qui fonctionneront au-dessous dans ledit tuyau. Si l'on tient à marcher au plus grand diamètre possible, le tuyau ayant $0^m,26$ à l'intérieur, peut laisser descendre librement un trépan de $0^m,255$, avec lequel on traverse en battant, c'est-à-dire par percussion, les marnes et les plaquettes ou les bancs calcaires avec lesquels elles alternent. Lorsqu'une trentaine de mètres ont été perforés dans ce terrain, les éboulements provenant des couches de marnes, ainsi que la chute de quelques fragments des plaquettes ou bancs dont je viens de parler, encombrent le trou de sonde, et il faut alors descendre une colonne de tuyaux de garantie jusqu'à 60 mètres, si le trou de sonde a

atteint cette profondeur. Avant de procéder à cette opération, l'on vérifie le trou de sonde avec un trépan de frais calibre ou un long alésoir, pour abattre les aspérités qui pourraient y subsister. Je donnerai, en terminant cet article, des détails sur les outils qui se rattachent à l'opération qui nous occupe. Le trou étant alésé, l'on descend successivement la colonne jusqu'à la profondeur qu'elle peut atteindre librement; si elle s'arrête à 8 ou 10 mètres au-dessus du fond du trou de sonde, c'est que des terrains non consistants se seront accumulés au fond, pendant le temps que l'on a mis à ajuster la colonne, ou qu'elle-même en aura détaché des parois une grande quantité, ou encore, que sa base repose sur une partie saillante produite par le déplacement d'une plaquette ou d'une esquille de banc de roche. Dans la première hypothèse, l'on nettoie le sondage avec la tarière ouverte ou celle à soupape, et au fur et à mesure que le vidage se fait, la colonne descend par son propre poids. Dans le second cas, celui où la colonne demeure en place, assise sur la partie saillante de la roche, elle ne passera outre que lorsque l'on aura fait tomber ce fragment résistant, avec une caracole à charnière ou un trépan à ressorts ou à vis, ou enfin avec tout autre élargisseur dont il sera question plus tard. Pour faire fonctionner l'un de ces outils, la colonne doit préalablement être relevée de 2 ou 3 décimètres, afin de leur laisser de la course. Si le fragment de roche en question, au lieu de n'avancer sous la colonne que de quelques millimètres, s'opposait au contraire au passage de la tarière, l'on descendrait le trépan pour le casser; il arriverait alors, ou que la cassure aurait lieu au delà de la circonférence de la colonne, et que celle-ci descendrait immédiatement, ou que la roche étant dure et compacte, le trépan ne ferait qu'entamer la partie se présentant dans la colonne, alors, après le travail du trépan simple, l'on emploierait l'élargisseur dont il vient d'être parlé.

La colonne arrivée au fond du sondage, on l'y laisse, si l'on est dans l'intention de ne pas la pousser plus tard plus loin; dans le

cas contraire, on aura soin de la tenir, comme je l'ai dit plus haut, à 30 ou 40 centimètres au-dessus du fond ou de l'endroit où elle s'est arrêtée. L'on continue donc le percement des marnes et plaquettes au diamètre de $0^{m},215$, si l'on a fait sa colonne de manière à conserver à peu près le diamètre maximum ; et enfin, si nous supposons que la formation du calcaire grossier manque dans la localité où nous opérons pour le moment, l'on atteint de suite les argiles plastiques faisant partie du groupe des sables inférieurs du terrain tertiaire. Ici, il faut examiner le but dans lequel se fait le sondage ; deux cas se présentent : le premier, c'est la recherche d'une ou plusieurs nappes que renferment les sables ligniteux ; le second, c'est l'abandon de ces premières nappes et l'obtention d'une nouvelle, que l'on sait exister dans des sables purs quartzeux, à la partie inférieure de la formation. Dans le premier cas, l'on attaque les argiles à un petit diamètre, et on le continue jusqu'aux indices d'une première ascension. Dans le second, on continue le grand diamètre jusqu'au voisinage de la nappe inférieure. Ce changement de diamètre a pour but de s'assurer une bonne base pour la pose de la colonne d'ascension. Lorsqu'une faible élévation s'est manifestée, l'on peut équarrir, au diamètre ordinaire, la partie supérieure de ces argiles, et n'en conserver, au petit diamètre, que 5 ou 6 mètres si ces argiles sont compactes ; puis l'on continue à ce petit diamètre jusqu'à la rencontre de la nappe cherchée. Celle-ci jaillissant au-dessus du sol ou restant en contre-bas, selon la hauteur de la localité, l'on alèse au diamètre de la colonne d'ascension que l'on veut employer, les 15 mètres, je suppose, faits au petit diamètre, et aussitôt l'on procède au tubage d'ascension.

Les argiles ont la propriété de se resserrer et d'empêcher souvent le passage des outils ; aussi le tube d'ascension ne tarde-t-il pas à être entouré d'argiles, de telle manière que les eaux ascendantes s'élèvent difficilement derrière lui ; du reste, le béton, après que la première colonne de garantie a été enlevée, s'oppose à toutes fuites de la nappe hors de l'intérieur de la colonne d'ascension.

Je viens de dire que le béton se coulait après le retrait de la première colonne de garantie, celle qui intercepte une partie des marnes; il n'en est pas toujours ainsi; l'on commence par soulever cette colonne en la prenant par la tête, si toutefois elle est solidement assemblée, et par la base avant la descente d'ascension, si elle doit résister aux efforts de traction; quand enfin elle est libre, que celle d'ascension est à sa place, l'on fait quelques coulées de béton après lesquelles on relève encore ladite colonne d'une petite quantité, et ainsi successivement, jusqu'à ce que le niveau du béton ait dépassé, si cela est possible, celui où, dans ces couches de marnes, se produisent les éboulements. Puis l'on achève le retrait entier de la colonne, et l'on continue la jetée du béton jusqu'à ce qu'il passe épais au fond de l'excavation, dans le tuyau-caisse. Si l'on veut effectuer le retrait de celui-ci, l'on y procède de la manière qui vient d'être indiquée; si l'on se décide à le laisser dans le trou de sonde, ce qui vaut mieux, l'on conduit le béton jusqu'à son orifice.

La fig. 1, pl. 16, représente un sondage à la fin duquel l'on a atteint une nappe jaillissante E, dont le niveau reste stationnaire en C dans le tuyau-caisse AB. La fig. 2 fait voir la partie DE du sondage alésé, et en contact avec le tuyau d'ascension NE; et enfin, de A en D, la chemise de béton qui enveloppe ce dernier.

La fig. 3 indique le tuyau d'ascension et le tuyau-caisse, élevés au-dessus de la limite d'ascension des eaux, pour la coulée du béton; l'on conçoit que si la nappe se fait une issue derrière la colonne d'ascension, elle peut s'élever parfois du sol dans le tuyau-caisse; le béton jeté à ce niveau ne descendrait pas si l'on n'interrompait l'écoulement des eaux; l'on y parvient en prolongeant, comme je viens de le dire, au-dessus du sol, le tuyau-caisse et l'on remplit comme précédemment l'espace *ab* CD. Si le tuyau-caisse s'élève au-dessus du tuyau d'ascension, et cela est souvent plus commode pour le bétonnage, l'on recouvre ce dernier d'une calotte en cuivre ou d'un bouchon de chanvre pour

éviter que le béton ne s'y introduise; *ejkf* est la sonde que l'on remue de temps à autre pour agiter la colonne et détacher de ses parois les boulettes de mortier qui y restent adhérentes.

S'il est imprudent d'interrompre l'écoulement des eaux d'une nappe, lorsque celles-ci proviennent de couches obstruantes, on pratique au tuyau-caisse une ouverture (fig. 16) par laquelle s'échappent ces eaux; elles sortent alors d'un petit tuyau s'adaptant au tuyau d'ascension, et l'on jette comme précédemment le béton dans le tuyau-caisse prolongé au-dessus du sol.

Lorsque, dans un sol non exploré, l'on rencontre sans s'y attendre ou plus tôt qu'on ne devait l'espérer, une nappe jaillissante, et qu'on n'a pas pris la précaution du rétrécissement du diamètre dont j'ai parlé plus haut, la colonne d'ascension descendue dans ce trou, cylindrique de son orifice à la base, ne rencontrant aucune assise, laisse passer derrière elle les eaux jaillissantes, et la coulée du béton devient impossible; l'on peut alors équarrir le sondage et produire le rétrécissement dont nous parlons, par l'agrandissement de la partie supérieure du trou de sonde; mais, pour les sondages peu profonds et traversant sans interruption, du moins depuis la base de la colonne de garantie jusqu'à la nappe, des terrains consistants, l'on peut employer le moyen fig. 4, pl. 16. Il consiste à munir la base de la colonne d'ascension d'un tampon en bois *ef*, d'une hauteur *ed* de $0^m,20$ à $0^m,30$ au-dessus duquel l'on attache autant de chanvre le plus long possible, que le diamètre du sondage peut en laisser passer, sans que cependant les fils s'accrochent aux parois et se détachent ou se rompent; pendant la descente de la colonne, tous ces fils de chanvre sont poussés et se maintiennent de bas en haut, flottant dans le trou de sonde, tant qu'on laisse à la nappe hors du sol toute la vitesse dont elle est capable. Le tuyau une fois descendu, l'on surmonte, comme précédemment, le tuyau-caisse d'un bout de longueur convenable; les eaux s'y élèvent et s'y tiennent en équilibre; à cet état elles n'ont plus d'action sur la perruque de chanvre dont la

colonne d'ascension est munie; les fils abandonnés à leur poids plus grand que celui de l'eau, tombent en se repliant de mille manières les uns sur les autres et barrent complétement l'espace annulaire que laisse le tampon *ef* entre les parois du trou de sonde. Le diamètre de la colonne étant petit, comparativement à celui du sondage, l'on peut, après avoir coulé quelques gâchées de béton ou de ciment pur, jeter un ou deux décimètres cubes de petits cailloux de la grosseur d'une coquille de noix, pour faire bien adhérer les uns aux autres les fils de chanvre, et l'on continue le bétonnage comme il a été dit plus haut.

Supposons un cas plus difficile que le précédent : celui où (fig. 5, pl. 16) une couche d'argile déliquescente, jetant de sa partie supérieure des débris dans la nappe, en intercepte l'écoulement, et qu'en outre un tubage en bois n'ait pas été opéré assez bas ; ce tube en bois a $0^m,18$ extérieur, et ne peut laisser passer qu'un diamètre de $0^m,12$, tandis que les argiles demandent, pour être solidement pressées et maintenues, une surface de $0^m,22$ de diamètre, c'est-à-dire plus grande que le trou de sonde lui-même; l'on descendra un tube de $0^m,115$ de diamètre, en cuivre ou en fer galvanisé (le premier est plus coûteux, mais il vaut mieux); il sera muni, à sa partie inférieure, de deux surfaces enveloppantes de cuir, dont l'une affectera la forme d'une scotie ou d'un tour, dont la base inférieure sera produite par la pression des eaux ascendantes, et la base supérieure par l'affaissement des terrains; l'autre aura la forme d'une tulipe ouverte aussi par la chute des argiles; au lieu de réduire à deux les surfaces de cuir, on peut les multiplier autant que l'épaisseur de la couche non consistante le demandera; la petite nouvelle colonne ainsi descendue, sera arrêtée au sol par un taquet en cuivre, reposant sur l'orifice de celle descendue en premier lieu. Pour éviter le rebroussement du cuir inférieur lorsqu'il descend, on peut l'attacher par plusieurs fils, se réunissant au centre des tuyaux, et que l'on tranche ensuite avec un trépan bien affilé ou tout autre instrument.

L'on peut remplacer les enveloppes de cuir par la réunion de ressorts posés ainsi qu'il suit (fig. 18, même planche). Soit A B le diamètre du petit tuyau à descendre dans celui d'ascension déjà et infructueusement établi ; A′ B′ celui qu'il faut atteindre pour maintenir la couche non consistante ; l'on munit le tuyau de six ressorts ou d'un plus grand nombre, selon son diamètre C C C C C C, de même largeur, de 3 à 4 millimètres d'épaisseur et de $0^m,50$ de longueur ; lorsque ces ressorts, qui se voient sur la figure en lignes ponctuées, sont pressés contre la colonne, ils s'écartent par la partie inférieure, d'une quantité presque arbitraire, du tuyau auquel ils sont cloués par l'autre extrémité, en laissant entr'eux des espaces triangulaires tracés par les lignes ponctuées, qui avant se touchaient; il ne s'agit plus que de combler ces vides : pour cela l'on fixe au-dessus de la ligne de contact de chaque ressort une feuille de zinc, de plomb, de cuivre ou de tôle D *efg*, qui est forcément écartée par les ressorts, et les recouvre suivant les lignes D*g*, *ef*; l'on fait ainsi pour les cinq autres points et l'on a une surface solide, qui s'oppose à la chute des terrains ; pour descendre le tuyau ainsi muni d'un appareil considérablement plus grand que le tuyau d'ascension primitif, l'on réunit tous les ressorts et les feuilles minces de métal qui les recouvrent, dans un petit cône (fig. 17) en tôle mince, terminé par une très faible tige ou plutôt par un fort fil de fer, que l'on fixe à 2 mètres ou $1^m,50$ dans le tuyau ; celui-ci étant descendu vis-à-vis le point qu'il doit protéger, l'on coupe le fil de fer en tournant vers lui un petit trépan ou une caracole ou crochet, avec lequel l'on fait descendre le cône au fond du sondage, c'est-à-dire à quelques mètres en contre-bas de la nappe.

Au moyen d'une vis l'on peut encore obtenir le même résultat, surtout si le diamètre du tuyau est un peu grand ; mais ce moyen oblige de laisser à la base du tube une pièce qui peut nuire si, plus tard, l'on voulait donner un coup de sonde dans le trou.

De tous les moyens de terminer une colonne d'ascension à sa

base, de manière à éviter toute communication de l'eau de la nappe à l'extérieur, celui qui remplit le mieux ce but est, il me semble, de munir la base de ladite colonne d'un simple tronc de cône soit de métal, soit de bois dans la forme de celui XX (fig. 15, pl. 16), et de faire en sorte d'avoir au-dessus de ce tampon conique un grand espace annulaire, qui permette l'entourage de la colonne par une épaisse chemise de béton. C'est dans cette seule condition aussi que le bétonnage produit son effet, tandis que lorsque l'espace que laisse la colonne dans le sondage est trop restreint, il produit un effet presque nul.

Lorsque les terrains qui doivent recevoir la base de la colonne se permutent, l'on peut donner au tronc de cône une grande hauteur et s'arranger de manière à ce que le trou préparé aussi en tronc de cône soit un peu plus petit que la partie conique de la colonne, que l'on chasse à coups de mouton, si elle peut les supporter ; lorsque c'est une colonne de cuivre que l'on descend, terminée par le premier tampon dont j'ai parlé plus haut, il faut se garder de la frapper au mouton; mais on peut la rendre au point voulu, en la tournant dans le sens de droite ou dans celui de gauche, ou mieux encore, placer un couvercle au-dessus et le forcer à descendre au moyen de verrins ou de deux vis de pression; ce moyen est surtout préférable pour passer les sables et argiles alternants.

L'on se sert d'une colonne d'ascension en même temps comme colonne de garantie; ainsi l'on voit (fig. 9, pl. 16) une colonne s'élevant au-dessus du sol et descendant à la dernière nappe V″, qui se trouve au passage des argiles plastiques et de la craie; plusieurs colonnes d'ascension des puits de Meaux et autres contrées sont placées dans les mêmes conditions. Cette colonne réunit les eaux des trois nappes V, V′ et V″, dont le produit total est plus grand que celui de l'une d'entr'elles, même celui de la nappe inférieure V″. Celle-ci s'élève dans la colonne par son orifice, les deux autres par des trous que l'on pratique à l'aide d'un coupe-tuyaux. Ce que je viens d'exposer est praticable lorsque les

nappes sont toutes jaillissantes ou arrivent toutes au niveau auquel on veut les utiliser. Si, au contraire, la nappe inférieure pouvait seule atteindre ce niveau, et que les autres restassent en contre-bas, il faudrait se garder de leur donner ce débouché, parce que la seule nappe qui fût capable de l'ascension se perdrait dans le lit des deux autres et n'arriverait plus au niveau voulu.

Au lieu de réunir, comme on vient de le voir, plusieurs nappes dans une même conduite, l'on peut, lorsque leur force ascensionnelle le permet, les faire monter séparément au-dessus; ainsi (fig. 10, pl. 16) la nappe R′, dont la limite d'ascension est la plus éloignée, s'élève au-dessus du sol par une première colonne d'ascension, l'espace qu'elle laisse entre elle et le trou de sonde de R en K peut être rempli de béton. Une autre nappe R, rencontrée la première, s'élève dans l'espace annulaire laissé par la colonne d'ascension de la nappe R′, et la sienne propre, que l'on peut bétonner par les moyens énoncés d'autre part. Les eaux de ces deux nappes sont alors distribuées dans la fontaine de manière à ce qu'elles sortent par des robinets différents.

Tubage d'un puisard.

Il demande les mêmes précautions que celui d'un puits jaillissant; les colonnes de conduite doivent être de bonne qualité, et, pour éviter les dégradations des couches ou la chute de leurs débris sur les lits absorbants, il convient de les bétonner; dans ce cas elles doivent être sabotées comme le sont le plus souvent les colonnes d'ascension; cependant, comme ces dernières, elles peuvent aussi être unies dans toute leur longueur, comme les figures 9 et 10, planche 16; celle de la première figure peut être très bien la colonne d'un puisard, si l'on suppose que le sol soit élevé d'une quantité telle, que les eaux, dans le premier cas jaillissantes, ne soient dans le second qu'ascendantes, et se maintiennent à quelques mètres en contre-bas du sol; cette colonne,

trouée comme l'indique la figure, laissera libre passage aux eaux que l'on jettera dans la colonne de conduite et qui se perdront dans les lits des nappes ascendantes, toutes les fois que leur niveau d'ascension sera dépassé.

Tubages en colonnes perdues.

Les colonnes perdues doivent être rarement employées pour le passage des sables, à moins que ces derniers ne soient très gras et en repos.

Elles sont un mode économique de tubage dans les couches d'argiles ou de marnes, encore faut-il que l'opération soit conduite par des ouvriers expérimentés et extrêmement soigneux.

Supposons qu'un sondage soit poussé à 200 mètres de profondeur, et que de là à 225 mètres, les terrains demandent une colonne de garantie, l'on conçoit que, s'il est possible de ne descendre que 25 à 30 mètres de tuyaux, puisque toute la partie supérieure du sondage n'en a pas besoin, l'on pourra croire, avec raison, qu'il vaut mieux employer ce moyen que d'enfouir une colonne entière de 225 mètres dont 200 seront inutiles dans le trou de sonde; eh bien, quand j'aurai décrit la manière de descendre et de conduire à but ce bout de colonne de 25 à 30 mètres que l'on appelle colonne perdue, et que j'en aurai signalé les inconvénients, on reconnaîtra qu'il serait souvent plus économique de faire sans hésiter la dépense d'une colonne entière.

La fig. 8, pl. 6, indique le bout supérieur d'une colonne perdue, laissée, je suppose, à 200 mètres au-dessous du sol. Ce bout porte une frette aussi épaisse que le permet le diamètre du forage, et qui est passé à l'extérieur du tuyau; elle est solidement rivée sur lui et le dépasse d'environ 15 centimètres; elle est évasée du dedans au dehors, pour éviter les chocs d'outils qui, à la suite d'un nombre infini de voyages, pourraient l'endommager. Elle porte longitudinalement et disposées dans des sens diamétralement opposés, deux entailles-baïonnettes de 1 décimètre de longueur sur 2 centimè-

tres de largeur; la partie horizontale de l'entaille doit avoir 3 centimètres de hauteur. Voici maintenant le but de ces deux entailles, (*voy.* fig. 6, pl. 6). Soit une tige ABC à embase B, portant un écrou D; sur la partie ponctuée de cette tige que l'on conserve carrée sont fixés, entre l'embase B et l'écrou D, 1° une plaque circulaire *i* K *j*, portant deux oreilles *ij* (fig. 6) et *ij* (fig. 10); 2° un tronc de cône en bois EF immédiatement adhérent à la plaque. La circonférence de celle-ci à la naissance des oreilles, ou, ce qui est la même chose, la circonférence supérieure du tronc de cône est égale à celle intérieure de la frette à entailles (fig. 8), de manière qu'en introduisant dans celle-ci le cône en bois, les oreilles viendront se poser sur la circonférence, et y pénétreront par les entailles si l'on tourne à droite ou à gauche l'instrument par la tige; lorsque les oreilles sont descendues au fond des entailles, l'on tourne à droite jusqu'à ce qu'elles rencontrent la paroi de gauche, puis en soulevant l'outil, lesdites oreilles se trouvent engagées dans la petite branche des entailles, et s'y tiennent fixées jusqu'à ce que descendant et tournant à droite on les en retire.

Les 25 mètres de colonne étant donc assemblés et munis de la frette entaillée, l'on y adapte l'outil que je viens d'indiquer, puis l'on descend le tout avec la sonde. Lorsque la colonne rencontre quelque obstacle, l'on a la précaution de ne pas tourner du côté de l'échappement des entailles, mais l'on presse, au contraire, continuellement, l'outil contre la partie de gauche pour être bien sûr de ne pas le décrocher. La colonne perdue étant ainsi en place, l'on retire l'outil en détournant à droite et ne forçant pas inutilement de crainte de dévisser quelques tiges.

Si la colonne perdue n'a pu descendre qu'à la moitié des terrains qu'elle a à intercepter, l'on vide à l'intérieur, et, à chaque voyage, elle descend par son propre poids; si les terrains à vaincre sont certains sables, des marnes sèches, des marnes graveleuses, elle les interceptera très bien, parce que l'élargisseur, ou un simple crochet surbaissé et chercheur, fera aisément tomber les débris qui

la retiennent à sa base. Elle pourra même filer dans des terrains neufs que l'on équarrira ensuite avec l'élargisseur. Mais voici des cas où il serait difficile et même impossible de chasser une colonne perdue. Et, d'abord, c'est la rencontre de sables remontants ou élevés par des eaux ascendantes; ces sables, qui peuvent entrer dans le volume de l'eau pour les 0,05 de son volume, descendent et montent dans le sondage en tourbillonnant pendant le travail de la sonde, et une partie tombe derrière la colonne perdue et la scelle de manière à ce que non seulement on ne peut plus la pousser mais encore la retirer que par longueurs très petites. Dans des couches alternativement tendres et dures, que l'on équarrit au-dessus de sa base, la colonne descendra comme je l'ai dit plus haut; mais si elle arrive sur un banc non équarri, par son propre poids, sans qu'on ait été obligé de l'y conduire avec la sonde, l'équarrissage du banc pour lui livrer passage deviendra difficile, en ce que n'ayant aucune course entre lui et la colonne, l'on sera obligé de le tailler par-dessous, opération très longue, dangereuse pour les emmanchements des tiges de sonde, et dont la réussite n'est pas toujours sûre; avec une colonne entière au contraire, qui, par son poids, est descendue sur un banc non équarri, l'on n'éprouve point de difficultés; l'on soulève de $0^{m},25$ à $0^{m},30$ la colonne pour donner à l'élargisseur la course dont il a besoin pour fonctionner; l'élargissement produit, on desserre les colliers qui retiennent au sol la colonne et on lui laisse parcourir le chemin fait par l'élargisseur, moins la hauteur de la course dont je viens de parler.

L'inconvénient des colonnes perdues est aussi d'être remontées par les outils; si elles sont légères, les hommes employés au treuil ne sentent en les enlevant aucune augmentation de poids; et si le sondeur n'a pas toujours le tourne-à-gauche en main, il verra souvent sa colonne perdue arriver jusqu'au sol.

La chute de la sonde, lorsque les outils ont dépassé, en remontant, la tête d'une colonne perdue, peut encore donner lieu à de graves accidents en brisant la colonne. C'est en considération de ces nom-

breux inconvénients que j'ai renoncé entièrement à ce mode de tubage, excepté le cas où sa réussite n'est sujette à aucune chance.

J'ai parlé plus haut de la frette entaillée et de l'outil qu'elle reçoit pour la descente ou pour le retrait d'une colonne perdue, ou pour la tourner à fond dans un sens ou dans un autre ; l'on emploie aussi, pour la descendre, un taraud (fig. 9, pl. 6). Ce moyen ne me paraît pas valoir le premier, en ce qu'il est beaucoup plus coûteux sans être plus sûr, et qu'en outre, avec une sonde à vis, l'on ne peut pas tourner la colonne à gauche.

Pour sonner sur une colonne perdue, l'on emploie l'instrument figure 11, planche 6. Il se compose d'abord d'une tige ronde HE, faisant suite à l'embase CD, et terminée par un écrou E. Dans une frette épaisse AB du diamètre extérieur de la frette à entailles, est adaptée une seconde frette *ff* qui descend au-dessous de la première de 10 centimètres ; à l'extérieur de cette deuxième frette et sur cet espace de 10 centimètres, l'on fixe avec vis ou rivets plusieurs tringles *i j i j*, qui sont maintenues à leur partie inférieure *j*, *j*, par une autre frette *kk* plus petite que la précédente ; au lieu de tringles, l'on peut employer un cône en forte tôle qui, cloué sur la frette *ff*, prenne à peu près le diamètre intérieur de la frette à entailles ; la frette *ff* doit aussi laisser peu de jeu sur la tige ronde HE. L'on voit que, lorsque l'on soulève l'instrument, la frette AB et tout ce qui y est adapté demeure sur la tête de la colonne, la tige HE seule est mobile ; lorsque l'embase CD est assez élevée au-dessus de AB, l'on abandonne la sonde ou une partie de la sonde à son poids, dont la colonne reçoit le choc ; lorsque l'on a suffisamment sonné, l'on retire l'instrument ; la tige HE s'élève seule jusqu'à ce que l'écrou E vienne soulever le reste.

Pour sonner sur les colonnes de garantie entières, l'on se sert d'un mouton en fonte du poids de 250 kilogrammes, que l'on peut élever, au maximum, à 2 mètres de hauteur sur une colonne (fig. 2, pl. 7). L'on protége l'emboîtement du tuyau qui reçoit le choc par une frette (fig. 1) que l'on peut river sur ledit emboîtement,

sauf à la dériver lorsque celui-ci arrive au fond de l'excavation. Le mouton ne frappe pas directement sur ladite frette, il en est séparé par une tête en bois d'orme frettée, qui entre dans le tuyau de 50 centimètres : lorsque l'on n'a pas de mouton en fonte ou en bois dans le pays où l'on se trouve, l'on peut en construire de diverses formes. Exemple (fig. 3, pl. 7) : une tige portant une embase est enfilée dans un morceau d'orme fretté de 30 centimètres de diamètre, et traversée par une clavette; la tête de tuyau est également percée pour le passage de la tige. La tête de tuyau est, dans tous les cas, munie d'une frette en forte tôle, pour s'opposer à sa destruction. Au lieu d'un morceau d'orme portant sous l'embase, l'on peut utiliser, si l'on en a un, le collier AA double ou simple (fig. 7, pl. 17); on évite ainsi le percement de la tige de sonde pour le passage de la clavette. Un meilleur moyen de faire filer une colonne dans les sables, est l'emploi de deux fortes vis pressant un madrier recouvrant la tête de la colonne; ce mode fatigue moins les tuyaux. (Voir le dessin, page 374).

Pour roder les tuyaux ou plutôt la colonne à droite ou à gauche, l'on prend une corde double (pl. 7, fig. 6) bien molle, que l'on passe autour du tuyau (fig. 4), puis, dans sa boucle saillante (fig. 5), l'on passe un bâton qui du petit bout fait effort sur le tuyau pour le tourner; lorsque la résistance à la torsion devient grande, l'on prend un levier long, mais alors il faut avoir soin de ne pas agir avec ce dernier, sans passer entre lui et le tuyau une planche mince qui s'oppose à l'applatissement de la tôle.

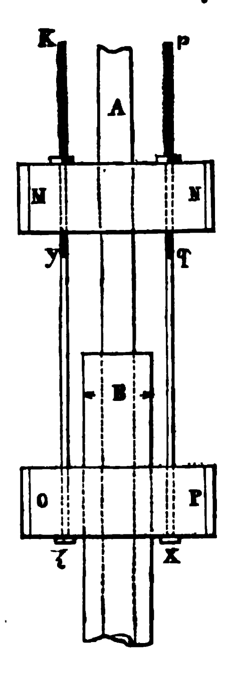
Lorsque l'on dérive une colonne (mesure que l'on doit prendre lorsque le terrain que l'on traverse est d'une grande dureté), il est urgent de ne pas laisser tomber les rivets dans le trou de sonde; à cet effet, on coule avec une ficelle, au-dessous de l'emboîtement, un petit panier en corde (fig. 7) dans lequel sautent les rivets chassés par le poinçon. L'ouvrier qui enlève les rivets doit prendre le temps de bien dégarnir au burin la tête du rivet afin que, chassée au poinçon, elle n'agrandisse pas les trous de l'emboîtement. En

ne prenant pas cette précaution, on détruit les emboîtements de sa colonne.

J'ai dit plus haut qu'un sondage de quelque importance doit toujours, lorsque cela est praticable, être ouvert par une excavation aussi profonde que possible. En voici la raison : je suppose que les bouts de tuyaux qui composent la colonne à descendre aient 3 mètres de longueur et que cette colonne doive descendre centimètre par centimètre; arrivée à une certaine profondeur, il arrivera que le dernier bout ajusté dépassera le plancher de manœuvre de 1, 2 à 3 mètres, et qu'il sera impossible d'y introduire la sonde, sans construire dans la chèvre un échafaudage à cet effet, ce que la chèvre ne permet pas toujours, et ce qui est en outre fort incommode; tandis que si j'ai pratiqué une excavation de 6 mètres de profondeur, la colonne une fois ajustée jusqu'au sol, et surmontée d'un petit bout de 50 centimètres portant une frette solide, je la conduis au fur et à mesure que le travail des outils élargisseurs m'en donne la facilité, successivement jusqu'à 1 mètre au-dessous du fond de l'excavation, puis je dérive le petit bout dont je viens de parler, et le remplace par une longueur faisant comme précédemment arriver le haut de la colonne jusqu'au sol, et ainsi de suite jusqu'à ce que la colonne ait atteint la fin des couches qu'elle doit intercepter.

J'ai dit, en commençant l'article du tubage en colonne perdue, que certains sables, s'ils sont fluides et remontants, s'opposent à l'emploi de ce mode; l'on en acquiert la preuve en suivant attentivement le tubage de ces mêmes sables à l'aide d'une colonne entière montant au sol. Certaines couches de sables ligniteux, à Meaux et autres points du bassin de Paris, remontent dans les colonnes de 5, 10 et 30 mètres au-dessus de leurs lits. L'épuisement de ces sables est plus ou moins difficile selon qu'ils sont gros ou fins; dans les deux cas, si l'on n'y prend garde, si les ouvriers n'apportent pas la plus grande célérité à la manœuvre de la sonde, si, étant engagés de quelques mètres dans les sables remontés, ils

laissent la cuillère une seule minute en repos, les sables chassés au-dessus de l'instrument retombent rapidement entre cette cuillère et le tuyau et la retiennent prisonnière. En tournant la sonde, en la remontant, l'on entraîne dans ces deux mouvements la colonne de garantie, et il faut alors, pour la dégager, qu'elle soit fortement fixée soit avec un levier attaché aux pièces horizontales de la chèvre, soit par tout autre moyen ; en oscillant alors la sonde, c'est-à-dire par un mouvement de va-et-vient de bas en haut, l'on arrive enfin à sortir des sables et la colonne reste à sa place. Si, dans la position dont je viens de parler, l'on avait eu une colonne perdue, on l'aurait infailliblement remontée au sol, adhérente à la cuillère, et l'on aurait détruit par un nouvel encombrement de sables l'ouvrage de plusieurs jours. Cela m'est arrivé plusieurs fois, et ce n'est qu'avec une attention excessive et un peu de temps, que je suis parvenu à vaincre par les colonnes perdues des couches puissantes de sables fluides. Ayant à ma disposition une série très complète de colonnes, je n'emploie maintenant que des colonnes montant au sol, du moins pour le passage des couches sableuses fluides.



J'ai dit plus haut que l'on oppose au soulèvement de la colonne divers moyens ; parmi ces moyens, celui indiqué par la figure ci-contre, me semble assez bon et m'a parfaitement réussi. Soit B, une colonne de garantie descendue vers le commencement du sondage, et assez fortement pressée dans le terrain pour offrir un point résistant ; A, la colonne qu'il s'agit de pousser au travers d'une couche de sables remontants ou fluides. J'adapte à la colonne B un collier de descente à vis de pression O P. Je fixe de même sur la colonne A un collier M N, que j'unis au

premier par deux tiges K$yzpq$ de 1 centimètre et demi à 2 centimètres de diamètre, taraudées dans toute leur hauteur; au fur et à mesure que la colonne descend, de 1 à 2 centimètres à chaque mouvement de sonde, de 1 à 2 millimètres même, un homme ayant la main sur l'écrou de chaque tige, rapproche le collier supérieur M N du collier O P, de sorte qu'aucun relèvement n'est possible.

Je ne saurais entrer dans trop de détails sur le tubage des sables qui a été longtemps l'écueil des sondeurs, et qui présente encore de grandes difficultés aux ouvriers inexpérimentés et les décourage souvent.

Le tubage des sables très argileux se fait vite ou du moins facilement. Ces sables s'extraient avec une tarière ouverte ou une tarière à soupape ; comme ils sont assez consistants pour se maintenir sans éboulement pendant plusieurs heures, l'on en profite pour forer au-dessous de la colonne 3 ou 4 mètres, puis les sables éboulant, et la colonne n'ayant aucun appui à sa base, tend à remplacer le vide qui vient de se former et descend; si les sables sont assez consistants en certaines veines, pour ne pas tomber, on agrandit le trou que l'on y a pratiqué, à l'aide des élargisseurs décrits précédemment ; on a soin de ne pas laisser descendre la colonne sur les veines dures avant qu'elles ne soient alésées, car l'on serait obligé de la relever pour laisser fonctionner l'élargisseur.

Les sables argileux, lorsqu'ils sont en contact avec une grande hauteur de colonne, lorsque celle-ci surtout a un diamètre assez grand, s'opposent par leurs pressions latérales, et par leur adhérence, à la descente libre de cette colonne au-delà d'une certaine limite; l'on est alors obligé d'avoir recours au poids de la sonde, qu'on laisse poser sur la tête de la colonne à l'aide de la griffe ; puis, lorsque cette simple pression ne suffit pas, l'on emploie les chocs.

Les sables secs et purs ne permettent pas à l'outil foreur de descendre beaucoup au-dessous de la base de la colonne, et si l'on tient à aller en avant, l'on est obligé d'employer la glaise. Il

arrive que, par ce moyen de glaisage, l'on passe quelquefois outre une couche de sables secs lorsqu'elle est peu épaisse ; mais, lorsque sa puissance dépasse plusieurs mètres, et qu'en outre le sondage doit être continué de beaucoup au-delà, il convient de la tuber le plus tôt possible. Il suffit, pour cela, d'extraire les sables dont le niveau s'élève rarement au-dessus de 0^{m},50 dans la colonne ; au fur et à mesure que l'on vide et que l'on prend du fond, la colonne descend. Quelquefois il convient de ne pas permettre à la colonne de descendre sans interruption, parce qu'elle tend à se sceller trop tôt à sa base ; alors on l'arrête sur son collier jusqu'à ce que le vidage convenable soit effectué. Si une couche de sables secs se prolonge tellement que le vidage ne suffise pas pour la faire descendre, et qu'il y ait cependant de l'espace entre sa base et le niveau des sables, l'on en conclut que les frottements latéraux s'opposent à son enfoncement, et l'on procède aux pressions, puis aux chocs, et enfin à ces deux efforts combinés.

L'on ne doit pas employer les chocs pour le passage des sables fluides et remontants, lesquels sont généralement imprégnés d'eaux ; dès que la colonne porte sur ces sables, et qu'eux-mêmes s'y élèvent de 1 mètre seulement, les coups de mouton ne produisent aucun effet. Il n'y a qu'un vidage effectué avec vigueur et persévérance qui puisse produire la descente libre d'une colonne à travers une couche de sables fluides. Si les sables s'élèvent de 5, 6 et 10 mètres dans la colonne, celle-ci ne descendra pas que l'on ne soit arrivé à sa base avec la tarière à soupape, ou au moins à 1 mètre ou 1^{m},50 de la base. Si l'on parvient à passer au-dessous, elle descendra de suite d'une grande hauteur, soit pendant le travail de l'outil, soit au moment où il remontera dans la colonne.

Il ne faut jamais laisser la sonde en repos tant que l'outil est environné de sables, parce que ces derniers se tassent aussitôt entre l'outil et la colonne et le retiennent prisonnier. Il est indispensable que la sonde soit toujours en mouvement pendant que l'on défait ou que l'on place les manches ; un mouve-

ment de pompe sans rotation suffit pour éviter un scellement.

Pour éviter la multiplicité des colonnes de garantie, et en même temps, les dépenses auxquelles elles donnent lieu, l'on fait traverser à une même colonne une grande épaisseur de terrains croulants ou deux couches espacées non consistantes. Soit une colonne descendue à 200 mètres au diamètre de $0^m,16$ intérieur, et interceptant déjà 12 mètres de terrains meubles ; à 250 mètres, l'on rencontre une nouvelle couche qui nécessite un nouveau tubage ; l'on conçoit que si, à 500 mètres de profondeur, l'on doit avoir un diamètre final déterminé, l'on n'y parviendra pas si de 50 en 50 mètres au moins, l'on descend une colonne toutes les fois que de nouvelles couches croulantes l'exigeront, et il arrivera un instant où ce diamètre, loin d'être celui que l'on devait conserver, sera tellement réduit que la continuation du sondage sera impossible. Au lieu donc de descendre une nouvelle colonne à 250 mètres, il faut faire descendre celle que l'on a laissée à 200, à peu de distance du terrain solide qui suit la couche croulante. Si le diamètre de la colonne à l'intérieur est de $0^m,16$, son diamètre minimum à l'extérieur est de 0,185 ; il convient donc d'élargir le trou de sonde entre 200 et 250 mètres, non seulement à $0^m,185$, mais à $0^m,20$, de manière à laisser quelque jeu entre le trou nouvellement élargi et la colonne à prolonger. Les outils employés à cet effet se rangent en deux catégories : ceux que l'on meut par percussion, et ceux auxquels on donne un mouvement de rotation. Je vais donner d'abord la description des premiers, qui sont employés principalement à l'équarrissage des roches.

La figure 1, planche 12, représente un trépan à ressorts d'un système ancien ; il se compose de deux lames posées sur la face d'une partie évidée XXXX (fig. 7), de manière à ce que les lames occupent le milieu de l'épaisseur XX. Ces lames sont mobiles autour des boulons *jj* (fig. 1) et *jj* (fig. 7), dont les têtes sont noyées dans une plaque RZ, de même largeur que X″X‴. La partie inférieure de l'outil est fermée par une pièce B (fig. 1) et B (fig. 7)

évidée sur champ, suivant la forme triangulaire du tranchant des lames ; cette coïncidence est importante pour éviter que des débris, et surtout des sables fins, ne s'introduisent entre les lames, ce qui les empêcherait de se fermer. La pièce KK est fixée sur la partie de derrière par la plaque RZ, entre laquelle elle est pressée par les boulons KK (fig. 1) et KK (fig. 7). Les lames sont maintenues sur leurs boulons par la même plaque, qui est pressée contre la partie P à fleur des lames par lesdits boulons *jj* et *jj*. Le corps de l'instrument, si l'on en ôte les lames, a la forme d'un parallélipipède X′ (fig. 6), dont on aurait abattu les arêtes pour occuper un diamètre moindre. Les deux lames sont chassées latéralement par deux paires de ressorts s'enfourchant l'un dans l'autre, auxquels l'on donne le plus de bandes possible ; mais comme l'espace que laissent entre elles les lames est peu grand, les ressorts ne peuvent pas être bien puissants. La plaque RZ est munie de deux mortaises pour recevoir les goujons CC (fig. 1) et CC (fig. 5), qui en buttant aux extrémités des mortaises, s'opposent à l'écartement illimité des lames. Au lieu de goujons, l'on peut ajuster des parties saillantes à queue d'aronde dans les lames. Si l'on demande un élargissement de 4 centimètres, chaque lame a un chemin de 2 centimètres à parcourir. Pour introduire l'instrument dans le tuyau, l'on rapproche les lames au moyen d'une corde serrée avec un levier ; une fois les lames introduites, on les délie. Lorsque le trépan à ressorts est descendu au bas de la colonne, ses lames s'écartent au diamètre voulu, et l'on commence la percussion de la même manière qu'avec un trépan simple, en donnant toutefois à la chute moins de hauteur.

Au lieu de 2 lames l'on peut en mettre 4 en donnant au fût la forme fig. 2. Les lames se placent alors deux à deux sur chacune des faces AB, LM, et, au lieu d'être recouvertes de chaque côté par une plaque épaisse comme RZ de la fig. 7, elles le sont par du fer battu ou de la tôle épaisse. Ces plaques ne permettant pas les mortaises d'arrêt dont j'ai parlé plus haut, l'on donne au bas des

lames et en dedans la forme indiquée fig. 11 en A, de manière à les empêcher de sortir au-delà de la partie pleine N (fig. 2).

La fig. 11 fait voir un élargisseur dont les lames sont écartées par des ressorts aussi puissants que l'on veut les employer. Une plaque K, terminée par une tige de 50 à 60 centimètres de longueur, porte, à sa partie supérieure, une partie saillante de chaque côté *f* et *f* (fig. 13), dans laquelle est encastrée chacune des lames H et H (fig. 11) fixée sur la pièce K par un boulon dont la tête plate AB a pour but de tenir adhérente la pièce H contre la pièce K. L'écrou E et E du boulon est rond pour occuper moins de place; les lames ont les taillants à double effet, c'est-à-dire que, sur champ, ils présentent aussi une ligne droite perpendiculaire à la ligne du biseau de la partie plate. Une réunion de deux ou trois ressorts semblables aux ressorts de voiture fait mouvoir chaque lame dont l'écartement est limité par les taquets Y Y *y* qui se présentent à la partie A de la lame. Les ressorts sont fixés au bas de la tige par des boulons assez solides, et leur bande est limitée par des prisonniers P P P implantés sur la tige. Ces prisonniers sont fort utiles en ce que, si les ressorts viennent à abandonner la lame, ils ne s'écartent pas de toute leur bande et ne forment pas sous la colonne un véritable arrache-tuyau (instrument que je décrirai plus tard). Les lames au lieu d'être arrêtées par les taquets Y Y*y* peuvent l'être par un goujon ou une pièce à queue d'aronde, ainsi que cela a été dit pour la fig. 1.

Cet outil est d'un excellent usage dans un trou sans éboulement; il peut être très solidement construit et n'est sujet à aucun inconvénient si les ressorts sont limités avec soin, ou encore, et ce qui vaut mieux peut-être, s'ils sont contenus par des bagues minces qui les entourent en même temps que la tige. Pour éviter le choc des taillants contre les parties saillantes de la colonne, telles que les têtes de rivets, ou les frettes de jonction si elles sont extérieures, on munit le bas des lames d'un petit bouton arrondi qui tient les taillants distants de la tôle de 2 à 3 centimètres.

Fig. 14. Lorsque le trou de sonde est embarrassé de débris et qu'il faut néanmoins faire fonctionner l'élargisseur, au lieu de fixer des ressorts de bas en haut, on les adapte sur la tige de l'instrument avec deux boulons à écrous; ils sont fixés aux lames par deux boulons à tête large et plate B, B que l'on ne serre pas trop pour laisser aux lames leur libre mouvement, et qui cachent les ouvertures elliptiques pratiquées dans les ressorts. L'on conçoit que si les petits boulons B, B remplissaient exactement leurs passages, les ressorts ne pourraient pas fonctionner.

Il vaut mieux employer deux ressorts peu épais, placés l'un sur l'autre pour chaque lame, qu'un seul plus épais, mais qui est plus sujet à casser. Si l'on fait des ressorts en acier pur ordinaire, on les trempe à l'huile chaude; il vaut mieux employer de l'étoffe, c'est-à-dire de l'acier à ressorts que l'on trouve chez les carrossiers, que de l'acier pur, parce que sa trempe est plus facile et moins dangereuse. Si ces ressorts viennent à casser dans leur milieu, la partie inférieure s'écarte latéralement et peut former arrêt sous la colonne; pour annuler l'inconvénient qui peut en résulter, il faut arrondir leur extrémité et la laisser assez distante de la saillie où est placé le bouton C pour que la partie cassée puisse tourner et se renverser de haut en bas. Le ressort cassé et ainsi renversé fera probablement coin entre le bec de la lame et l'intérieur de la colonne, et tendra à rapprocher les lames au-delà de la limite nécessaire; mais, comme à l'intérieur du fût qui est en tout semblable à celui de la fig. 1, elles peuvent se fermer de 1 centimètre de plus que cela n'est nécessaire pour leur passage dans la colonne, la présence du ressort faisant coin n'opposera à l'enlèvement aucun inconvénient.

Fig. 13 *bis*. Deux branches AB, AC, de 1 mètre de hauteur sur 5 à 6 centimètres de côté, peuvent composer très simplement un trépan à ressorts. Pour leur donner de la résistance à la torsion, l'on munit l'intérieur de la fourche d'une feuille, en forte tôle A*bd* (fig. 13 *bis*), *aabb* (fig. 12 *bis*) et *abcd* (fig. 15) fixée aux

branches par des rivures, de 10 en 10 centimètres; les branches sont terminées par des taillants *k k* (fig. 15), disposés suivant le diamètre et suivant la circonférence du trou, ainsi que je les ai indiqués précédemment. L'on serre les branches pour les introduire dans le tuyau et leur propre élasticité les fait s'écarter dans le trou de sonde. Les branches prennent la largeur du trou, ou à peu près, de *f* en G (fig. 12 *bis*).

L'inconvénient de ce simple instrument, qui ne convient du reste qu'à des terrains peu durs et peu difficiles, est d'exiger une grande course depuis la base de la colonne jusqu'à la surface à attaquer; cet inconvénient disparaît si la colonne ne doit pas descendre de suite près de ladite surface, pour empêcher la fuite de débris meubles qui encombrent le trou.

Quelque puissants que soient les ressorts d'un élargisseur, le poids l'est toujours davantage pour les faire céder et permettre aux lames qu'ils poussent de se fermer, si non tout à fait, du moins d'une quantité telle qu'elles n'occupent plus rigoureusement le diamètre voulu, c'est-à-dire celui de la colonne, plus 1 à 2 centimètres. L'on conçoit en effet que si les taillants latéraux des lames sont arrondis, que si en outre ces lames rencontrent des roches déjà émoussées, la pesanteur de la sonde qui agit sur les lames pour casser ces roches, se décompose en deux forces dont la résultante pousse la lame vers le centre du trou de sonde, et la fait glisser sur la roche sans effet utile. Un élargisseur ne remplit donc complétement toutes les conditions, pour certains terrains du moins, que lorsque ses lames ouvertes conservent invariablement leur position. Les sondes à enfourchement et boulons, rejetées à cause de leurs nombreux inconvénients, trouveraient un utile emploi dans l'élargissement qui nous occupe, en ce qu'elles donnent les moyens de construire les élargisseurs d'une manière fort simple et en même temps très solide; mais, comme l'on ne peut sans d'énormes frais avoir dans le même sondage des sondes de différente nature, et dont les unes surtout ne seraient employées

que dans des cas exceptionnels, je me bornerai à décrire le trépan élargisseur à lames fixes, qui, avec la sonde à vis ordinaire, me paraît être un assez bon instrument.

Fig. 20, pl. 12. Une tige A B C, portant une vis C, est terminée par un cône D, rapporté par un goujon sur son extrémité cylindrique; son embase B a sa face inférieure formée en un tour d'hélice, de manière à présenter un point d'arrêt sur la douille K K de même forme, ainsi que cela se voit pour un autre instrument (pl. 14, fig. 6 et 7). Ce point d'arrêt est destiné à ce que la vis ne se serre pas trop fortement sur la douille, et à ce qu'on puisse la dévisser par le plus léger effort à gauche. La douille pleine K K, au lieu de se continuer jusqu'en Y, est évidée en forme de chappe, de manière à donner logement aux lames G G G′ *h h h′* mobiles autour d'un fort boulon, à tête noyée *f*, de telle sorte que les parties courtes G, *h*, étant écartées, les parties inférieures *h*′G′ le soient proportionnellement aux arcs parcourus par les premières; les pièces P, *b*, *d*, bouchent latéralement la mortaise ou chappe au-dessous de sa douille, et servent de points d'arrêt pour l'écartement outre mesure des lames, ainsi que de points de résistance aux chocs qu'elles éprouvent; la mortaise est bouchée aussi en Y par une seule pièce rapportée et fixée par des boulons à têtes perdues S S. Les taillants sont simples comme G′ *h*′, ou à traits composés comme ceux dont j'ai parlé aux fig. 5, 11, 13 *bis* et 15; mais ils sont courbes suivant la circonférence décrite au point *f*. (Le dessin présente une coupe de la douille et de sa partie suivante, j'ai laissé non coupées la tige et les lames).

Lorsque l'on descend cet élargisseur, la vis est au haut de sa course, et ne peut sortir de la douille puisque le cône s'y oppose, par une petite partie cylindrique comme celle *e* de la fig. 19, que j'ai oublié d'indiquer plus haut, fig. 20; les lames sont entrées dans leur mortaise commune. Arrivé à l'endroit que l'on veut élargir, l'on tourne la vis à droite, le cône en s'avançant entre les petites branches, ouvre les grandes en même temps, jusqu'à ce

que les unes et une partie des autres rencontrent la surface d'arrêt dont il est question plus haut. L'on est toujours certain que les lames s'ouvriront, parce que l'outil ne tourne jamais sans rencontrer quelqu'obstacle, et si léger que soit ce dernier, la vis doit fonctionner lorsque l'on cesse de battre ; l'on remonte l'outil jusqu'à ce que ses lames fassent opposition sous la colonne, l'on descend alors un peu, de 2 centimètres environ, l'on tourne à gauche, et comme la vis est libre, tandis que celles des tiges ont été fortement serrées, dès qu'on tourne à gauche, elle se dévissera et les lames se ferment.

Sur un diamètre de 15 à 16 centimètres seulement, cet instrument peut être construit très solidement : le goujon *f* peut avoir 4 centimètres de diamètre, l'œil des lames autant de diamètre qu'on leur en peut laisser, pour que les pièces P*bd*, aient assez de résistance ; enfin, l'épaisseur des lames peut avoir pour $0^{m},16$ de diamètre $0^{m},08$, ce qui donne aux œils $0^{m},04$.

L'on peut encore, pour résister à la fatigue qu'éprouvent les lames par le choc, les munir de pièces à queue d'aronde ou de simples goujons comme ceux de la fig. 5. Cet élargisseur a l'avantage sur ceux à ressorts, non seulement d'être invariable, mais de ne pas endommager les colonnes, ce que font les premiers, si l'on ne prend les plus grandes précautions.

Le sondeur Kind se sert de deux sortes de trépans élargisseurs, composés de deux branches articulées, et qui sont plus ou moins écartées l'une de l'autre par l'action d'un coin en fer logé entre elles, et attaché à l'extrémité de la corde du cylindre à soupape. L'un de ces trépans agit en frappant sur la roche de haut en bas. Dans l'autre, les tranchants du trépan sont tournés vers le haut, de sorte qu'il agit sur la roche quand on le relève. Celui-ci sert à détruire la corniche de roche dure qui reste encore au-dessous de la colonne de tubes, lorsque l'on a déjà élargi le trou, dans sa partie inférieure, avec le premier trépan.

Ce dernier se compose de deux branches, articulées à char-

nières en B (fig. 21 et 22, pl. 12). Chacune d'elles se termine en bas par une partie arrondie *cc*, armée d'un tranchant aigu et retroussé vers le haut ; *d* est un anneau coulant qui limite l'écartement des deux branches, et qui, lorsqu'il est descendu tout à fait au bas de l'outil, recouvre les tranchants. Le coin *e*, garni des feuilles de tôle *f* qui lui servent de guides, est suspendu à un anneau ; celui-ci tient à une fourche dont la tige est liée à la corde du cylindre à soupape.

Ce trépan étant fixé au bas des tiges, et le coin étant attaché à la corde, on laisse la corde lâche. Le coin retombe, les branches se rapprochent, et l'on descend l'outil en dessous de la colonne. Quand il y est parvenu, on relève le coin en bandant la corde, que l'on amarre à la tête de la sonde, et les taillants du trépan attaquent la roche en imprimant à la sonde un mouvement vertical de bas en haut. On fait ainsi sauter la dernière corniche de roche dure sur laquelle porte la colonne de tubes, et que l'on peut alors enfoncer par les procédés ordinaires.

ÉLARGISSEURS MUS PAR ROTATION.

Pl. 12, fig. 8 et 9. Une tige AB, terminée par une chappe dans laquelle se meuvent deux lames CD, CD autour d'un axe X, poussées par un ressort double P S K, constituent ce qu'on appelle une patte d'écrevisse. Les joues de la chappe sont maintenues 1° par l'axe du boulon X ; 2° par le boulon X', qui retient aussi le ressort ; et 3° par un troisième boulon X''. Les lames sont disposées en tranchants, pour détacher les argiles et craies que cet instrument est destiné à détacher. Il détache aussi quelques rognons ou des pointes de roches, pourvu qu'ils ne tiennent pas trop fortement.

La patte d'écrevisse à ressort est un instrument ancien que j'ai réformé ou à peu près. On peut lui donner de la solidité en prolongeant sa chappe jusqu'à l'extrémité des lames, et plus de puissance en le munissant de ressorts latéraux, comme figure 14.

Il faut disposer les lames de manière à ce que les demi-fers de l'œil des lames soient tournés en sens inverse du mouvement que l'on imprime à la sonde, et arrêter la bande de ressorts à la limite du diamètre voulu ; car, si les lames s'écartaient de manière à abandonner les joues de la chappe, un effort léger les ferait rompre dans l'œil. J'ai supposé, dans la figure, une des joues de la chappe coupée, pour laisser voir les lames à découvert.

Les figures 16 et 17, planche 12, représentent deux caracoles à charnière, ainsi nommées parce qu'elles ressemblent, lorsqu'elles sont à moitié fermées, à une caracole ordinaire. La première (fig. 16) se compose d'une tige AB, terminée par une lame C, dont l'arête inférieure est du diamètre du trou, moins 1 centimètre et demi à 2 centimètres. Cette lame peut n'avoir que 3 centimètres d'épaisseur, et porter seulement deux parties saillantes et arrondies DD′, *ee′*, entre lesquelles on ajuste l'aile H, que l'on fixe par un boulon *fg*, de 3 centimètres lorsque le diamètre le permet, et autour duquel tourne la lame, d'un arc déterminé pour l'ouverture seulement. L'aile porte un talon *yy′* (fig. 18) qui vient buter contre la saillie que lui présente la partie ménagée entre les deux joues DD′, *ee′* ; cette partie est entaillée seulement pour laisser placer une queue *j* faisant corps avec l'aile, et que le ressort IK, fixé sur la tige de l'outil et maintenu par un second prisonnier *m*, presse pour faire ouvrir l'aile. La partie latérale de l'aile n'occupe le diamètre du trou à équarrir qu'à sa partie inférieure ; plus haut, elle se confond avec la première joue DD′, afin que l'on n'éprouve pas de difficultés à la faire rentrer dans le tuyau. Cet instrument me paraît bon en ce que la lame est maintenue ouverte par le ressort IK, et qu'ensuite il n'est sujet à aucun inconvénient, vu l'inclinaison de l'arête extérieure de l'aile, et le peu de grandeur de l'arc *ab* qui lui permet de se fermer facilement.

L'outil figure 17 est semblable au précédent, excepté que son aile n'est pas forcée à s'ouvrir par la pression d'un ressort, et que, pour le motif suivant, sa lame est plus longue : lorsque l'aile de

l'outil arrive au bas de la colonne, si une lame longue, demeurant dans celle-ci, ne la guide, elle s'écarte au-delà de la circonférence que l'on veut atteindre, et cela sans autre but que d'agir sur des fragments de terrains qui ne nuiraient pas à la descente de la colonne, puisqu'ils en sont écartés. Avec une longue lame, au contraire, qui oblige l'aile à décrire une circonférence concentrique à celle de la colonne, l'on a moins de force à employer pour tourner l'outil, puisque l'aile n'agit que sur les points de roches qui s'avancent en dedans de la circonférence du tuyau. L'on peut ainsi descendre au-dessous de ce tuyau, jusqu'à ce que la lame l'abandonne, et être certain que le passage que l'on a pratiqué permettra au tuyau d'y descendre.

C'est par précaution que j'indique le haut de la lame comme devant être arrondi; cette forme a, il est vrai, l'inconvénient de ne pouvoir atteindre un rognon ou une pointe de roche sur laquelle reposerait immédiatement la colonne; mais elle facilite la rentrée de la lame dans le tube. L'on peut, lorsque le cas l'exige, faire l'aile droite en limant sa surface horizontale en biseau, de manière à ce que, dans un mouvement à gauche, elle rentre dans la colonne. J'indique aussi sur la lame deux parties saillantes pour le logement de l'aile et de son boulon; l'on peut les éviter en prenant du fer assez épais, de 4 à 5 centimètres par exemple. L'outil est plus facile à construire de cette manière; il suffit de percer dans le bout de la lame un trou de 2 à 3 centimètres pour le passage du boulon qui se visse dans la lame elle-même, évidée pour le placement de l'aile. Le dos de celle-ci, lorsqu'elle est ouverte, porte contre l'entaille pratiquée dans la lame.

L'aile droite est utile dans le cas suivant : dans un terrain où les fragments de roches ne sont pas solidement empâtés par des argiles ou des marnes, la colonne, après avoir parcouru le passage de 1 mètre ou 2 que lui a fait l'élargisseur, peut s'arrêter subitement sur un de ces fragments; si la colonne est libre, si elle a descendu par son poids seulement sur cet objet résistant, on la

relève de 30 centimètres et l'on redescend l'élargisseur pour abattre le fragment; dans ce cas, il ne se présente aucune difficulté. Si, au contraire, la colonne est violemment chassée à coups de mouton, de manière à ce qu'il faille faire de trop grands efforts pour la relever, l'on est obligé de la laisser porter sur le fragment de roche et de détacher ou repousser celui-ci avec l'instrument dont il est question, si l'on n'en a aucun autre à sa disposition.

Fig. 19. La patte d'écrevisse à vis a beaucoup d'analogie avec le trépan à vis décrit plus haut; elle en diffère, toutefois, en ce que les ailes sont mobiles sur un boulon fixé à la partie inférieure de la chappe cylindrique, et que son but n'étant que de travailler par rotation, les ailes sont courbes et ne présentent leur plus grand diamètre que vers le milieu. Ces ailes sont ouvertes par la vis C, terminée par un cône rapporté D, fixé par un goujon *e*. Leur écartement est limité par les pièces N,N, rapportées ou réservées dans la chappe. Elles sont disposées en tranchants, comme celles de la patte d'écrevisse à ressorts. Si l'une d'elles cassait dans son milieu, la partie inférieure restante pourrait former arrache-tuyaux et obliger au retrait de la colonne; mais une pareille fracture est presqu'impossible, attendu que cet instrument nécessite, pour être solide, un diamètre de 12 à 15 centimètres qui permet de donner aux ailes beaucoup d'épaisseur. Du reste, leur écartement peut être non seulement limité par les pièces N,N, mais encore par des prisonniers posés plus bas, à la manière de ceux de la figure 5.

Cet outil sera utilement employé avec la colonne-sonde, pour faire sauter les pointes de roches qui arrêtent une colonne de garantie; au lieu de donner aux ailes la forme d'une courbe, on les ferait tranchantes de manière à agir de bas en haut, et, à l'aide de la corde légère en fil de fer, on casserait aisément une roche en battant de bas en haut, tandis que, comme on le verra plus tard, la colonne-sonde communiquerait à la tige de l'instrument le mouvement de rotation dont on a besoin.

Fig. 4, pl. 15. L'on peut encore composer un élargisseur, pour les terrains tendres et faciles, avec deux tiges arquées, mobiles l'une sur l'autre, autour d'un axe O. La tige inférieure est terminée en un couteau A, qui entre dans la chappe de la tige supérieure; celle-ci, pesant ainsi que toutes celles qui la surmontent sur la tige inférieure, rend l'angle B*o*D de plus en plus aigu, et le couteau appuie de plus en plus contre le terrain qu'il détache en tournant.

Les figures 2 et 3, qui représentent des coupe-tuyaux que je décrirai dans ce chapitre, pourraient aussi être employées comme élargisseurs dans les terrains tendres; mais ils sont moins propres à ce second but qu'au premier.

Après avoir fait connaître une grande partie des outils que l'on peut employer pour la descente des colonnes de garantie, je vais passer à ceux dont on se sert pour en opérer le retrait en totalité ou en partie.

Arrache-tuyau.

Les colonnes de garantie résistent souvent aux plus grands efforts de traction que l'on exerce pour les sortir du trou de sonde; plusieurs causes les y tiennent solidement fixées : 1° les simples frottements des couches non adhérentes; 2° les pressions horizontales ou obliques produites par la poussée des argiles et des marnes; 3° leur contact exact avec des marnes sèches ou des roches tendres qui ont été interceptées sans équarrissage préalable. Les sables retiennent les colonnes par frottement, les glaises ou argiles et les marnes, par adhérence ou par leur poussée transversale; enfin, le dernier cas est celui d'un corps rigide enfoncé par de violents chocs dans un milieu résistant. Du reste, quel que soit le diamètre d'un trou de sonde, il arrive le plus souvent que les colonnes y deviennent aussi fortement pressées que si elles n'y eussent pas été d'abord plus libres, et cela parce que les couches meubles éboulent toujours; il en est de même de certaines argiles et marnes; dans ces deux terrains l'on ne fait pas de trou pro-

prement dit, l'on ne fraie qu'un passage à la colonne. Dans les terrains tendres et compactes, les colonnes tiennent aussi lorsqu'elles sont enfouies depuis longtemps et que les travaux n'ont pas cessé ; les oscillations des tiges se communiquent à la colonne, désagrègent peu à peu les terrains, et finissent par combler de débris l'espace annulaire existant entre la colonne et le sondage. Le retrait d'une colonne de garantie s'opère : 1° en faisant effort sur sa partie supérieure; 2° sous sa base ; 3° sur les deux extrémités en même temps ; 4° en la coupant par longueurs qui dépendent de la ténacité du terrain, et en retirant une à une ces parties ou plusieurs à la fois, après, toutefois, les avoir soulevées d'une petite quantité.

Le premier mode se réduit à amarrer solidement la tête de la colonne avec des cordages souples sur lesquels on fait effort avec le treuil ou des leviers. Voici quels sont les outils employés pour les autres modes.

Fig. 1, pl. 14. L'outil le plus simple que l'on a dû imaginer pour retirer une colonne en la prenant par sa base, est un crochet B ; on le descend à 1 décimètre au-dessous de la colonne, on le tourne par secousse à l'aide du manche de manœuvre, en même temps qu'on l'élève aussi vite que possible ; ces oscillations le jettent au-dehors de la circonférence de la base de la colonne, et il la saisit; pour de grands diamètres l'on cintre un peu la tige de cet instrument. Il a l'inconvénient, si une forte frette ne s'y oppose pas, d'ovaliser ou de déformer la base de la colonne, en ramenant la tôle vers le centre.

Fig. 2, pl. 14. Un second outil moins bon que le premier et d'un emploi dangereux, est composé d'une tige terminée par une chappe MN fermée par le bas, dans laquelle sont logés deux crochets A, A mobiles sur un boulon commun, ou sur deux boulons placés l'un au-dessus de l'autre; quand ils sont ouverts, les crochets reposent sur la partie pleine de la chappe, ou sur deux taquets qui remplissent le même but. Lorsque l'outil descend, les

crochets se relèvent en X, X; arrivés au-dessous de la colonne ils tombent, et la reçoivent sur leurs faces horizontales; la fermeture des crochets est, si l'on veut, limitée par deux petits boulons C C.

L'inconvénient de cet instrument est de ne pouvoir être fermé et retiré de la colonne dans le cas où celle-ci résisterait aux efforts faits pour la retirer. Il est donc prudent de ne l'employer que pour des colonnes du retrait desquelles on est sûr; encore faut-il avoir soin de donner aux crochets le plus d'épaisseur possible, afin de ne pas couper la tôle, car alors on fendrait les bouts de tuyau dans toute leur longueur sans en opérer le soulèvement.

Fig. 3, pl. 14. Deux tiges AB, AB, s'ouvrant par leur propre élasticité à un diamètre plus grand que celui de la colonne à retirer, forment un autre arrache-tuyau d'une exécution fort simple; il n'endommage pas la base de la colonne comme le fait le crochet simple (fig. 1), mais l'inconvénient qui le fait rejeter, c'est de rester prisonnier si la colonne ne cède pas à la traction. Toutefois, cette difficulté disparaît quand l'ouverture de la colonne permet le passage d'une petite sonde, à côté de celle qui est engagée, ce qui nécessite un diamètre de 12 à 14 centimètres; l'on adapte alors à la petite sonde un bout de tuyau ou une bague D, dans laquelle on enfile la première sonde; le poids de la petite sonde *f* fait descendre la bague sur les branches et les oblige à se fermer. Du reste, comme les branches de cet instrument peuvent n'avoir que 2 centimètres et demi de côté, leur élasticité peut être vaincue par le poids d'un tuyau un peu long suspendu à une corde; dans ce cas son retrait peut être effectué dans une colonne n'ayant que 10 centimètres.

Fig. 4. Pour de grands diamètres, cet arrache-tuyau, analogue au précédent, est d'un emploi aussi commode. Une de ses branches est fixe et porte une chappe A, dans laquelle se meut la seconde autour d'un boulon *q*; vers le bas des branches, est une traverse C D, mobile autour d'une charnière dont la branche X X' est

adaptée à la tige fixe de l'outil ; l'autre extrémité D de la traverse porte une chappe embrassant la tige mobile de l'outil, et dans laquelle tourne un galet R, lorsqu'on appuie sur la tige pour la faire écarter. Enfin, en Q, est un petit piton dans l'anneau duquel on passe une corde OZ dont l'extrémité vient au sol. L'on voit que pour fermer l'outil l'on n'a qu'à lever la traverse, et que la tige mobile tombe par son propre poids.

Fig. 6. Les arrache-tuyaux dont je viens de parler conviennent particulièrement aux grands diamètres; celui-ci peut être construit d'une manière solide pour des colonnes ne permettant qu'un passage de $0^m,05$; je l'ai fait exécuter pour le retrait d'une colonne aspirante brisée dans un puits de la saline de Sarrealbe ; une tige BCDE, munie d'une embase C, échancrée en dessous suivant une hélice qui produit un talon de la hauteur du pas de la vis D, est terminée par une partie conique *ij* rapportée par deux rivets. La vis longue se meut dans une douille de toute la hauteur de la tige, si ce n'est qu'à partir de *aa*, elle est fendue longitudinalement et un peu affaiblie (l'échelle au dixième donne du reste les dimensions de toutes les parties de l'instrument). Dans la position indiquée par la figure, la partie bi-conique et les parties renflées *l, l* de la douille fendue de 1 mètre de longueur, occupent le même diamètre; lorsque l'outil est descendu au-dessous du manchon ou de la ligne de rivets sous laquelle on veut saisir la colonne, l'on tourne la vis de manière à rappeler la partie conique *i* entre les joues *l, l* et faire occuper à celles-ci un diamètre de plus en plus grand ; l'on presse ainsi les parois de la colonne, avec autant de force qu'en peut supporter le diamètre de la tige qui, pour la petite colonne dont j'ai parlé, a $0^m,05$ de diamètre, et l'on procède à la traction; la douille porte en dessus une échancrure A, semblable à celle de l'embase; de sorte que les taillants de l'une et de l'autre se rencontrent lorsque, l'outil étant fermé en descendant, la vis est au bas de sa course ; ce point d'arrêt a pour but de pouvoir changer l'outil de direc-

tion sans serrer la vis, de manière à ce que l'on ne soit pas obligé d'employer trop de force pour la dévisser en temps et lieu.

Pour le petit diamètre de 0^{m},05, la tige à vis est en acier.

Lorsque la colonne est lisse à l'intérieur, il est nécessaire d'avoir, pour l'emploi de cet outil, une sonde à enfourchement, ou plutôt une sonde à vis dont on fixe les emboîtements. Si c'est une colonne avec frettes intérieures ou extérieures, ayant les têtes de rivets tant soit peu saillantes, comme cela a lieu ordinairement, l'on peut employer une sonde à vis ordinaire, en ayant soin d'enchanvrer et serrer fortement tous les emmanchements.

La douille peut être construite comme un fourreau uni d'abord, et auquel on donne au tour la forme voulue ; les branches s'obtiennent par un trait de scie longitudinal ; ou bien on peut les étirer en forme de chappe, et les cylindrer à chaud sur un mandrin au moyen d'anneaux, que l'on pousse d'un bout à l'autre; pour les tourner, on laisse les anneaux en place.

Les joues *l*, *l* sont munies de crans (fig. 6 *bis*).

Cet instrument peut servir très économiquement pour plusieurs diamètres, car les branches *al*, *al* peuvent être écartées à volonté par des parties coniques de plus en plus grandes, et que l'on rapporte facilement sur la tige ; pour de gros diamètres l'on augmenterait la longueur des branches ; ainsi, pour des tuyaux de 0^{m},16 à 0^{m},30, elles auraient 2 mètres à 2^{m},50 ; il deviendrait inutile de leur donner la forme de deux demi-cylindres creux comme dans le cas présent, deux tiges renflées en *ll* suffiraient.

Quelques sondeurs prussiens se servent des arrache-tuyaux représentés figures 16 et 17, planche 14. Le premier consiste en un tampon de bois fretté, fixé à une tige CC par un talon D et un écrou *f*, ayant la forme d'un ellipsoïde de révolution, tronquée aux deux extrémités et occupant, sur son grand cercle, l'espace du tuyau, moins la quantité nécessaire pour le laisser descendre. Arrivé dans le bout par lequel on veut saisir et remonter la colonne entière, l'on jette sur le tampon des sables, d'abord un

peu gros, puis de plus fins, de manière à ce que le tampon en soit recouvert. L'intercallation de ces sables entre le tampon et le tuyau produit une résistance considérable qui amène le retrait de la colonne; si celle-ci résiste aux plus grands effets de traction que l'on puisse faire supporter aux tiges, l'on n'a d'autre moyen, pour dégager le tampon, que de le chasser au-dessous de la colonne où il trouvera, plus bas, un vide qui permettra aux sables de tomber à côté. Néanmoins, cette chance ne se rencontre pas toujours, et l'emploi de cet arrache-tuyau, par un sondeur peu prudent surtout, me paraît dangereux.

Je préfère celui représenté figure 17, et qui est applicable aux grands diamètres. Il est composé d'un cône F, F, retenu par une embase et un écrou, destinés à écarter des planches minces *cd*, *cd*, disposées en tonneau autour d'un cercle en fer NP. Le bas de ces planches est muni de coins dont les faces s'appliquent sur le cône. Le cylindre de planches mobiles se descend en même temps que la sonde portant le cône, à l'aide d'une corde se divisant en deux parties *ab*, *ab*; lorsque le cône est arrivé à la profondeur convenable, l'on arrête la corde au sol et l'on élève le cône en faisant effort au treuil; les planches sont pressées par le cône contre les parois de la colonne que l'on parvient de cette manière à extraire du trou de sonde. Si elle y tient trop fortement, l'on dégage immédiatement le cône en laissant descendre la sonde, et l'on retire le tout pour recourir à d'autres moyens, ou bien l'on abandonne la colonne dans le sondage, si la continuation des travaux peut avoir lieu sans ce retrait.

La figure 18 est un outil dont on se servait autrefois pour retirer les tuyaux de bois; c'est une espèce de vis à filet triangulaire. Aujourd'hui l'on prend toujours les colonnes sous leur base pour les retirer. Si cependant l'on était obligé de les retirer bout par bout, l'on aurait recours à cet instrument ou à quelques-uns de ceux décrits précédemment.

Les figures 7 et 9 représentent deux arrache-tuyaux à dents ho-

rizontales; le premier (fig. 7) à deux dents *b*,*b* enchassées dans les entailles *dc*, *dc*. Lorsque l'outil est fermé, les lames sont rentrées dans les entailles; ouvert, les lames viennent buter aux points *c*, *c*. Elles sont maintenues par deux boulons vissés dans la masse A, à laquelle on peut donner beaucoup moins de hauteur que l'indique la figure. Avec des lames ou ailes comme celles K K, cet instrument sert à retirer les colonnes en agissant sous leur base; on fait ouvrir les lames en tournant la sonde par secousses. Le second (fig. 9) n'a qu'une aile et porte un cône oblique K qui s'adapte par une queue taraudée *l* au corps de l'outil; on l'emploie au retrait d'une colonne perdue en courbant un peu sa tige, de manière à ce que le sommet du cône trouve, en tâtonnant, l'orifice de ladite colonne.

Les tuyaux peuvent aussi se prendre extérieurement; on est souvent même obligé d'en agir ainsi lorsqu'une colonne brisée est inclinée dans le trou de sonde, et que les outils chercheurs ont déjà fermé son orifice en rebroussant la tôle; je vais indiquer quelques-uns des nombreux outils qu'exigent ce nouveau cas et d'autres qui lui sont analogues.

La caracole à charnière (fig. 18, pl. 13) composée d'une caracole ordinaire et d'une pointe A faisant charnière sur *c*D, sert à ramener le tuyau couché dans la verticale. L'ouverture P est circulaire, et ses parois peuvent être munies de petits crans en grain d'orge, pour mieux retenir le tuyau que vient d'y ramener la pointe A. Si les frettes du tuyau sont extérieures et les rivets saillants, ou s'il a été ajusté avec des boulons, la portion saisie sera infailliblement ramenée avec cet instrument, lequel n'offre aucun inconvénient, puisqu'il suffit de tourner à gauche pour que la pointe A se replie de suite vers le centre de la caracole.

L'outil, figure 21, est employé aussi dans le même cas; il ramène bien un tuyau couché; il exige beaucoup de solidité; il faut le construire en fer doux et ne pas le courber à angles vifs en A.

La figure 22 indique un moyen fort simple et infaillible de ra-

mener un bout de colonne lorsqu'il n'est pas trop incliné pour que l'instrument puisse le saisir. L'on prend un tuyau de 3 à 4 centimètres plus grand que celui que l'on cherche et de 3 mètres de hauteur, et on le munit de ressorts *ab*, *ab*, *ab*, etc., placés à différentes hauteurs et se dirigeant vers le centre du tuyau. Si le bout que l'on cherche s'y introduit, les ressorts, lorsque l'on fait effort pour enlever la sonde, s'implantent dans la tôle du bout de colonne, et le retrait s'effectue sûrement, à moins qu'il n'y ait à vaincre une trop grande résistance. Dans ce cas, l'on peut dégager le tuyau à ressorts, en le laissant d'abord descendre et en le remontant dans un autre sens en agitant à droite et à gauche la sonde, pour éviter de nouveau la pénétration des ressorts dans la tôle. Cependant, si ces derniers ont trop de bande, ils s'implantent, quoi que l'on fasse, dans la colonne ; il faut alors, si elle ne monte pas, briser les ressorts. C'est là l'inconvénient de cet outil que le sondeur doit, du reste, n'employer que lorsque les circonstances l'indiquent absolument.

L'on peut encore saisir extérieurement un bout de colonne avec une frette attenante à la sonde et munie d'un crochet qui s'élève en descendant, et s'abaisse lorsque l'on monte et qu'il rencontre un objet résistant. Cet instrument est employé de préférence pour le retrait des sondes en bois. Lorsque la sonde ou le tuyau que l'on cherche est incliné dans le trou de sonde, l'on renvoie un peu la tige de cet outil, comme cela a été indiqué pour d'autres.

Des coupe-tuyaux.

J'ai dit plus haut que les colonnes sont souvent tellement adhérentes aux terrains, qu'il est impossible de les en retirer ; les efforts de traction n'ont alors d'autre effet que de déchirer la tôle dans toute la longueur des feuilles, ou de la faire replier sur elle-même, en formant une suite de bourrelets superposés les uns aux autres ; il ne faut pas attendre que ces résultats se manifestent, et procéder de suite à la section de la colonne en plusieurs longueurs que

l'on retire successivement ou à la fois selon que le cas l'exige; c'est cette opération que je vais examiner.

Soit une colonne de garantie interceptant, sans autre utilité que celle de jouir de l'avantage d'une colonne entière, 100 mètres de terrains solides à partir du sol; dans tout ce parcours, la colonne étant libre, pourrait de suite être coupée à 100 mètres et retirée. Mais, de cette profondeur à celle de 200 mètres, elle est en contact avec des couches qui la pressent sans interruption; l'on essaiera d'abord l'effet que produira une première coupure à 110 mètres. Si cette partie monte librement, l'on en fera une seconde à 15 mètres plus bas, et, après l'avoir soulevée jusqu'à ce qu'elle monte sans difficulté on la laissera à sa place, pour essayer de soulever le reste en une seule ou en deux fois. Cette première opération terminée, l'on essaiera de monter le tout ensemble; si les bouts supérieurs ne rencontrent aucun obstacle, cela sera facile; mais, s'il en est autrement, les bouts s'obliqueront les uns sur les autres, et il faudra renoncer à retirer le tout en un seul voyage; l'on reviendra alors au premier bout, puis au second que l'on montera à la fois. Si, une partie de terrains étant à découvert, le trou ne se rebouche pas de suite, et que l'on ait le temps de descendre l'arrache-tuyau dans la partie restante, on le fera sans désemparer; si les terrains éboulent on les épuisera par un vidage continu, jusqu'à ce qu'enfin l'on puisse suffisamment pénétrer dans la colonne.

L'on rencontre rarement des couches croulantes d'une aussi grande épaisseur, et le plus souvent l'on a le temps, avant que les terrains ne tombent et ne rendent la sonde prisonnière, de retirer la colonne en deux ou trois parties ou plus. Lorsqu'une seconde colonne est scellée au-dessous de la base de la première, sur 40 ou 50 mètres de distance, mais que les débris qui la retiennent proviennent des couches qu'intercepte la première, et qui à la longue se sont accumulés dans ce parcours de 50 mètres, ne comprenant que des terrains solides, l'on peut sans inconvénient retirer

ces 50 mètres de colonne par parties aussi petites qu'on le croit nécessaire, par longueur de 1 mètre même. J'ai eu souvent des colonnes à couper par longueurs de 2 à 3 mètres.

L'on coupe aussi une colonne de garantie à quelques mètres au-dessus de la base de celle qui la précède, pour y ajouter la partie retirée à une colonne plus petite que l'on descend dans la partie restante, afin d'économiser une colonne entière de ce dernier calibre. Pour donner une idée de l'adhérence des colonnes aux débris qui les entourent, je citerai une opération de ce genre, qui m'a demandé beaucoup plus de temps que je ne pensais en employer. Je voulais couper une colonne de manière à en laisser 15 mètres dans une plus grande, depuis longtemps descendue et assemblée avec boulons; plusieurs de ces boulons étant tombés, une boue sableuse avait passé à la longue par les petits trous des manchons de cette colonne, et avaient tellement pressé la suivante qu'il m'a fallu couper ces 15 mètres en quatre parties; chacune de ces parties exigeait, pour être soulevée, des efforts capables de rebrousser et de fendre la tôle dans toute sa hauteur, et cet accident me fût arrivé si je n'avais eu la précaution de me servir d'un arrache-tuyau analogue à celui de la figure 6, pl. 14, mais muni de plusieurs cônes agissant sur des points différents du bout à extraire.

Enfin cette adhérence est tellement forte dans quelques cas que l'on est forcé, pour débarrasser le trou de sonde d'un bout de colonne, de fendre ce bout longitudinalement sur plusieurs arêtes, pour retirer ensuite les bandes de tôle qui résultent de cette opération.

La figure 7, planche 14, dont j'ai parlé à l'article des arrache-tuyaux, est employée comme coupe-tuyau en donnant à ses lames ou crochets une forme tranchante. Il faut, en s'en servant, employer une force considérable pour couper une colonne d'un diamètre moyen $0^m,19$; souvent, les tiges ne résistent pas à la torsion, et il en résulte la chute au fond du trou d'une partie de la

sonde surmontant l'instrument. Un moyen simple d'éviter cet accident, c'est de munir la masse A, par sa partie inférieure, d'un trou taraudé dans lequel vient se visser une tige de sonde H, à laquelle on adapte la longueur nécessaire pour toucher le fond du sondage pendant que l'instrument fonctionne ; si les tiges supérieures se rompent, celui-ci reste en place ou tombe d'une hauteur bien faible.

Lorsque l'on emploie un coupe-tuyau à lames sortantes sans le protéger dans sa chute, en cas de rupture, par le moyen ci-dessus indiqué, l'on ne doit pas se servir, pour le retirer, d'une cloche à vis, mais d'une caracole à gauche, destinée à le mouvoir dans le sens de la fermeture des ailes, ou d'une cloche à clapets carrés à l'intérieur, ou de tout autre instrument remplissant le même but; car, en tournant dans le terrain l'arrache-tuyau de manière à faire ouvrir les lames ou ailes, celles-ci buteront à chaque instant sous les aspérités du trou, et particulièrement sous la base de la colonne.

L'on évite l'emploi de beaucoup de force, avec le même coupe-tuyau, en faisant jouer les crochets par des ressorts faibles fixés en K et K ; les crochets sont, par ce moyen, toujours en contact avec la paroi du tuyau à couper, et, au lieu de forcer pour couper la tôle d'un seul trait, comme on est obligé de le faire sans ces ressorts, l'on pique légèrement et par secousses la tôle de 2 en 2 centimètres ; après quoi le crochet peut parcourir extérieurement la circonférence entière de la colonne.

L'instrument figure 9, pl. 14, est aussi employé comme coupe-tuyau. Les observations qui s'y rapportent sont les mêmes que les précédentes.

Les colonnes sont d'autant plus difficiles à couper que leur diamètre est grand ; d'abord, en raison de l'épaisseur de leur tôle, puis du levier de la résistance, comparé à celui de la puissance ; celle-ci demeurant constante, car elle se mesure par la torsion du fer des tiges. Il arrive qu'avec le coupe-tuyau figure 7 ou figure 8, l'on tord les tiges jusqu'à la rupture sans produire d'effet

utile. L'outil figure 12 obvie à cet inconvénient ; il est composé de deux parties cylindriques C et D, faisant suite à la tige A, P. Sur la saillie ou retraite qu'elles laissent entre elles, repose une pièce *efGh*, mobile autour du cylindre le plus petit et qui y est maintenue par une clavette *j*. Le cylindre inférieur porte le grain d'orge Z destiné à couper la tôle; il est fixé dans sa mortaise par un prisonnier à vis posé sous la base du cylindre. La plaque *efGh* a aussi trois petits grains d'orge XXX, et porte en outre une nervure KN, contre laquelle vient s'appuyer le dos du crochet Z.

Lorsque l'on descend l'instrument, le crochet et la nervure sont en contact; là le diamètre pris par l'outil est le plus petit possible; arrivé au tuyau à couper, l'on tourne à droite ou plutôt de droite à gauche; le crochet, en abandonnant la nervure, rencontre bientôt la tôle; les petits grains d'orge s'y implantent tandis que le crochet la coupe suivant une lunule. Cette première section étant opérée, l'on tourne l'outil en sens contraire pour en faire une deuxième, et ainsi de suite. L'on conçoit que, quel que soit le diamètre de la colonne à couper, le rapport de la résistance à la puissance ne change pas, car la pièce *efGh* ne fait que l'office d'un coin entre le tuyau et le cylindre C, ou le cylindre D. Le levier de la première de ces forces se mesurera donc toujours par la distance du bec du crochet coupeur à l'axe de la partie symétrique de l'instrument, et cette distance est constante.

Fig. 8. Ce coupe-tuyaux est analogue à celui décrit déjà figure 7 ou figure 9. Une tige A reçoit sous son embase BC, ayant le diamètre du tuyau moins 0^m,015 ou 0^m,020, deux pièces à peu près demi-circulaires, l'une *gfh*, l'autre DE*j*, toutes deux réunies à ladite embase par des boulons dont les têtes et les écrous tiennent le moins de place possible; à la pièce *gfh* est fixée une tige KI, dont l'extrémité I se trouve dans la direction de l'axe de la sonde; dans l'échancrure de la seconde pièce, joue une lame ou crochet P dont la queue O (*voyez* aussi fig. 14) est poussée par un fort ressort MN, fixé en I par deux boulons. La figure 14 indique que le

crochet est poussé dans le sens de la flèche K, tendant à l'ouvrir et le tenir fortement contre le tuyau RT, qu'il attaque par son tranchant IQ. C'est un instrument commode et d'une exécution facile, à la campagne surtout où on manque si souvent, soit de fer de grosses dimensions, soit d'un ouvrier pour en tirer parti.

L'on peut se servir du coupe-tuyaux figure 10 pour des diamètres de 30 à 40 centimètres, et des épaisseurs de $0^m,006$ à $0^m,007$. Il est construit d'après l'effort dont un homme est capable sur une lime de grosse dimension. Cet effort peut être évalué par un poids, et celui-ci par un ressort ou par plusieurs ressorts réunis. Soit une tige se vissant sur une embase ou forte plaque circulaire A, séparée d'une couronne moins forte A′ par des galets dont les axes se vissent dans la couronne inférieure R, R′ R″, et mêmes lettres figure 13. A la couronne, sont attenantes deux tringles : l'une *ab*, au bas de laquelle est fixé un fort ressort de voiture *s*,*s′s″*, l'autre tringle *st* est là comme soutien. Le dessous de la couronne est creusé en mortaise pour laisser passer et jouer le talon *s″* du ressort qui agit sur le bout de la tige d'une lime courbe *u*, figures 10 et 13. La queue de cette lime a aussi une petite mortaise N dans laquelle passe un boulon K qui s'oppose à ce que le ressort ne jette la lime trop loin ; les trois galets R R′ R″ n'ont d'autre but que d'adoucir le frottement de l'outil dans la partie opposée à la lime.

Plus la courbure de la lime s'approchera de celle du tuyau à couper, meilleur en sera l'effet; dans la figure 13, l'angle *abc* que fait le côté de la lime avec la courbure du tuyau est trop grand ; il en résulterait que la lime, ayant pénétré de ce côté hors de la colonne, sortirait difficilement du trou, pour faire encore plusieurs fois le tour et achever la tranchée. Cet inconvénient disparaîtra de suite si la lime étant plus large on lui donne une courbure à plus grand rayon. Les entailles YY reçoivent les parties saillantes qui sont semblables de l'un et de l'autre côté, si l'on emploie une sonde fixe, c'est-à-dire ne se dévissant pas ; dans le

cas ordinaire, ne mordant que du côté de l'angle *abc*, la lime n'est pas disposée de même du côté opposé.

De même qu'un ouvrier pourrait aisément dans un jour et demi couper un tuyau de 0^{m},40 de diamètre avec une lime à main, de même cet outil pourrait, dans le même temps au moins, avec un ressort capable d'un effort double de celui qu'exerce l'ouvrier sur sa lime, produire le même effet.

Pour achever la description de cette quatorzième planche, je parlerai de suite de la figure 11, qui représente une fraise en deux parties rapportées avec boulons sur une plaque *ab*, et dont on a quelquefois besoin pour l'alésage des colonnes dans lesquelles on veut introduire d'autres colonnes ne laissant que peu d'espace dans les premières.

Cette fraise est en fer trempé. Si elle s'use promptement dans un premier voyage, on la taille de nouveau; mais, comme elle perd ainsi de son diamètre, on intercale entre la plaque *a b* et ses deux parties deux feuilles minces de tôle qui la reportent au diamètre primitif, sans toutefois lui rendre tout à fait sa première forme.

La figure 2, planche 15, montre encore un coupe-tuyaux à ressort produit par la courbure, suivant l'arc D'DD'', d'une forte tige CDE, munie de deux tampons frettés *b*,A,*b*, et *b*A'*b*, tournant sur les parties arrondies de la tige. Un grain-d'orge *f*, fixé par un écrou *g*, coupe la tôle, pressé qu'il est par l'élasticité puissante de la tige que l'on a fait entrer de force dans le tuyau.

Fig. 3, pl. 15. Un autre coupe-tuyaux est composé de deux tiges unies par une chappe A, plus longue de 1 centimètre et demi à 2 centimètres que le diamètre du tuyau à couper; l'une des tiges, celle inférieure, porte un grain-d'orge D implanté dans son épaisseur et qui agit sur la tôle à mesure que, la tige supérieure s'abaissant par le poids de la sonde, la chappe A tend à occuper de plus en plus complétement le diamètre du tuyau; la partie inférieure de la sonde porte à fond; l'extrémité de la tige infé-

rieure de l'outil peut tourner dans l'œil d'une chappe *fff* par laquelle se termine la tige de sonde suivante.

Terminons la série de ces instruments par la description de la figure 1, planche 15. J'ai supposé une coupe dans l'outil à partir du point *f* de sa tige jusqu'au bas de ses lames. G, est une partie cylindrique terminée par une chappe *hh*, dans laquelle jouent deux lames C C′, ajustées l'une sur l'autre en tête de compas; un cylindre creux en fonte AA′BB′, pèse sur elles pour les tenir fermées en descendant. Ces lames, disposées en grain-d'orge pour couper le fer, ou en ciseau-gouge pour couper le bois, sont, dans le premier cas, toutes en acier ordinaire pour plus de solidité dans leur ajustement à l'endroit de l'œil; pour le bois, cette solidité n'étant pas nécessaire, le ciseau seul est en acier fondu rapporté avec des vis.

L'on descend préalablement la sonde au fond du trou, à l'aide d'un taraud se vissant dans la frette ou plate-forme D′, laquelle on laisse dans la colonne au point où l'on veut faire fonctionner les lames; la partie supérieure de la sonde étant retirée, l'on remplace le taraud par l'instrument coupeur; toutes mesures étant exactement prises, lorsque l'instrument s'arrête, c'est que ses lames ayant porté sur la plate-forme s'écartent et entrent dans les parois du tuyau; on le relève alors un peu, de manière à pouvoir tourner, et au fur et à mesure que la résistance à la rotation devient moins grande, on l'abaisse d'une très petite quantité, ce qui fait pénétrer de plus en plus les lames dans le bois ou le fer à couper. Le cylindre creux, en fonte, modère l'action des lames qui, aussitôt qu'elles pèsent sur la plate-forme, tendent de suite à s'ouvrir; la coupure étant terminée, on relève l'instrument que l'on remplace par le taraud, pour reprendre aussi la plate-forme qui surmonte le reste de la sonde, puis l'on procède au retrait de la partie coupée de colonne. On traverse toutes les épaisseurs de fer ou de bois avec ce coupe-tuyaux, qui ne peut donner lieu à aucun des inconvénients inhérents à quelques-uns de ceux décrits

précédemment, attendu que l'on modère son action arbitrairement.

Si le trou est encombré par des débris de terrains, l'on descend la partie de sonde portant la plate-forme sans y adapter d'outil, une pointe seulement suffit pour lui ouvrir un passage. Si le diamètre du tuyau à couper est très grand, et que la rotation des lames sur la plate-forme la fasse un peu incliner ou fléchir la sonde inférieure, ce qui est rare, on obviera à cet inconvénient en munissant de bourrelets ou manchons les trois ou quatre premières tiges au-dessous de la plate-forme.

Après avoir fait fonctionner un des coupe-tuyaux dont il vient d'être question, et reconnu que la tôle est entièrement séparée, moins la couture, l'on achèvera la rupture en donnant un coup de mouton sur la colonne lorsque cela sera possible. Si la colonne, montant jusqu'au sol, est tellement serrée dans le terrain que le mouton ne puisse l'ébranler, l'on continuera de faire jouer l'instrument jusqu'à ce que la couture du tuyau soit entièrement séparée.

Lorsque le tuyau est de petit diamètre et qu'il est libre dans le trou de sonde, l'on peut, au lieu de le frapper au mouton pour achever de le casser, le tourner avec un collier.

EXEMPLE D'UNE COLONNE BRISÉE ET INCLINÉE DANS LE TROU DE SONDE (fig. 6, pl. 15).

Lorsque le contre-maître sondeur descend une colonne de garantie ou d'ascension, il doit noter avec le plus grand soin la longueur de chacun de ses bouts et les inscrire sur son journal; il doit aussi savoir, à quelques centimètres près, la profondeur à laquelle il a laissé la colonne, de manière que, si une seule feuille de tôle faible se rompt sous les chocs de mouton, ou par toute autre cause, il sache de suite combien il lui reste de longueur au-dessous de la rupture. Aussitôt qu'il ne

peut plus douter de l'accident, ce qui lui est annoncé par la difficulté qu'éprouvent les outils de petit calibre à passer, ou par le soulèvement facile de la partie supérieure de la colonne, s'il y a urgence à ne pas détuber le trou de sonde et que son diamètre admette une seconde colonne, il l'introduira, ayant soin de la terminer par un cône en tôle faible, cloué sur la frette de sa base, pour faciliter son passage à l'endroit de la rupture, endroit que l'on aura préalablement alésé.

Si la descente de cette seconde colonne ne peut avoir lieu à cause du diamètre, et qu'en outre, il soit dangereux de retirer la partie inférieure de la colonne brisée, mais qu'on puisse retirer sans inconvénient la partie supérieure, on le fera; mais pour la redescendre munie d'un tuyau de 2 à 3 mètres de long et assez grand pour qu'une égale longueur de la partie restée puisse s'y introduire. Pour effectuer cette opération, lorsque le nouveau bout sera près de toucher à l'orifice de la partie restante, l'on descendra la sonde portant un cylindre à pointe avec lequel on guidera l'une dans l'autre les deux parties de colonne. Si des rebroussements de tôle en dehors de l'orifice de la partie restante s'opposaient à son introduction dans le tuyau, on les abattrait avec le même cylindre, sur lequel on adapterait une couronne dans laquelle s'uniraient les bords de l'orifice en question.

La colonne ainsi recomposée, le sondeur doit faire sur sa sonde une marque qui lui indique l'approche des instruments à l'endroit du raccordement; il abattra aussi toutes les parties saillantes des emmanchements de tiges qui pourraient rencontrer et déchirer la tôle de la partie restante, bien que son orifice soit recouvert par la saillie que forme le bout rapporté.

La figure 6 (pl. 15) représente le cas où la colonne s'est rompue en C, dans un passage où le terrain présente des chambres ou cavernes produites par les éboulements; les emboîtements de la colonne se sont dérangés et lui ont fait prendre une position inclinée, qu'elle aurait prise dans le même terrain, bien que ses

emboîtements fussent restés solides, si ses différents bouts n'avaient pas été posés bien verticalement. La rupture faite, la colonne *Cde* s'incline immédiatement, et les instruments raccrocheurs passent à côté d'elle ; l'on retire alors la partie supérieure si les terrains le permettent, et l'on va à la recherche de la seconde, dont on connaît exactement la mesure ainsi que la profondeur à laquelle se trouve son orifice. Si l'on tâche de la ramener au centre du trou avec les instruments dont j'ai déjà parlé, l'on doit le faire avec précaution, afin de ne pas l'aplatir ou la déchirer de façon qu'il devienne impossible d'y pénétrer, dans le cas où l'on ne réussirait pas à la prendre à l'extérieur.

Après avoir fait un voyage d'outil rameneur, l'on peut descendre un outil rond du plus grand diamètre possible, ou un tampon de bois A, vissé dans la femelle d'une tige (fig. 11, pl. 13). Si l'on touche la colonne, on remplacera le tampon par un arrache-tuyaux à lames horizontales, ou par un simple crochet. Si, en vertu de son poids ou de son élasticité, la colonne fuit toujours les outils, l'on courbera une tige de sonde de 40 à 50 centimètres, si le diamètre du trou en a 18 ou 20, et l'on cherchera de nouveau en tâtonnant avec patience l'orifice de la colonne. Si c'est une tarière que l'on a descendue à l'extrémité de la tige courbe, et qu'elle s'introduise dans l'orifice, l'on descendra avec elle jusqu'à la base de la colonne, et si la profondeur du sondage le permet, l'on commencera par remonter la tarière à 1 mètre au-dessus de l'orifice trouvé ; l'on placera au sol ou dans le fond de l'excavation sur la sonde, un arrache-tuyaux *a* (pl. 15, fig. 6), qui suivra de loin la tarière et s'introduira comme elle dans la colonne qu'il retirera. Si, au lieu d'avoir employé la tarière, l'on avait tâtonné avec un arrache-tuyaux, un crochet simple, l'opération que je viens d'indiquer eût été inutile.

L'on a souvent besoin, pour le retrait des colonnes, ou pour celui des sondes ou instruments, de tiges courbes ; il faut éviter de les couder à angles vifs (fig. 5) en *aa'*, si l'on veut ne pas laisser

dans le trou toute la partie *af*. Pour courber la tige, il ne faut pas non plus le faire à froid avec la panne d'un marteau, à moins que le fer ne soit très doux ; il vaut mieux, pour plus de sûreté, mettre la tige au feu.

DISPOSITIONS DES MACHINES NÉCESSAIRES AU RETRAIT DES COLONNES FORTEMENT ENGAGÉES DANS LE TROU DE SONDE.

Lorsque l'un des arrache-tuyaux dont il a été question, celui à lames horizontales et aussi larges que possible, est en contact avec la base de la colonne à retirer, l'on engrène le pignon du double engrenage du treuil, dont les manivelles sont OP, OP (fig.7, pl.17), et l'on bande la sonde ; puis l'on agence deux leviers *hi*, *hi*, mobiles sur deux points d'appui solidement établis, comme l'indique la figure 9, et dont les bouts passent et pèsent sous un collier en fer ou en bois AA, auquel on en ajoute un second si cela est nécessaire. L'on dispose aussi le levier ordinaire de la sonnerie HI, qui souvent est mis en mouvement par un treuil séparé dont les bras de manivelle sont O'P', O'P', et on le fait agir sur la sonde à l'aide d'un collier semblable au premier, ou d'une forte clef à quatre vis A et B (fig. 6), dans l'anneau de laquelle on attache le cordage ou la chaîne qui l'unit au crochet dudit levier. Les quatre vis de cette clef sont pointues et aciérées à leur bout, pour s'implanter dans la tige à laquelle deux petits boulons DD servent de barrière; le dessous de la clef porte deux pièces arrondies C, pour le cas où l'on voudrait s'en servir pour une pesée avec un levier simple fendu dans le bout (fig. 8, 3 et 4), pour recevoir la tige munie de la clef à vis formant point de résistance.

La sonde, suffisamment prolongée au-dessus du plancher de manœuvre, porte une embase D, sur laquelle s'assied un mouton creux BB, portant, à sa base inférieure, deux anneaux CC, par lesquels on le tire avec les cordes *gg* ; deux autres anneaux CC, placés en haut, servent à l'enlever et à le frapper contre le collier

résistant Q, à l'aide de deux cordes GG, passant sur deux petites poulies *f*, *f*.

Aux extrémités de chaque grand levier, l'on monte une petite chèvre qui sert à le relever ou à l'abaisser au moyen d'une corde fixée au bout I, passant sur une poulie fixée au sol, puis sur celle de la chèvre, et enfin s'enroulant sur un tambour. Pour fixer ladite poulie au sol, l'on passe dans le crochet de sa chappe un fort cordage dans la grande boucle duquel l'on met des fardeaux de toute espèce ; ou bien, l'on fixe la poulie à une pièce de bois AB (fig. 10), que l'on traverse par des pièces CCC, recouvertes de madriers larges ; l'on place la pièce ainsi disposée dans une excavation de 2 mètres, et on la garnit de terre et autres objets lourds. Tous les préparatifs d'efforts étant terminés, l'on commence par bander fortement le treuil simple, simultanément avec le petit levier de la sonnerie HI. Si ces premières tractions ne produisent aucun effet, l'on pèse en les balançant sur les leviers *hi*, *hi*; si l'on n'obtient rien de mieux, l'on tend les mêmes leviers à l'aide des chèvres et poulies dont je viens d'indiquer l'emploi, puis l'on soulage un peu les treuils dont les engrenages casseraient si l'un des leviers venait à se distendre, et l'on frappe de haut en bas, avec le mouton, sur l'embase de la tige D, ou de bas en haut, sur le collier ; au fur et à mesure que la colonne monte de quelques millimètres, on bande de nouveau les treuils et l'on rétablit les grands leviers qui, en vertu des grands arcs que parcourent leurs extrémités, sont bientôt à terre.

Quelquefois, si la colonne est solide dans ses emboîtements, il convient de la tirer en même temps par la base, comme je viens de l'indiquer, et par la tête, comme l'indique la figure 5 ; lorsque les efforts réitérés pendant un ou deux jours n'ont pas déplacé la colonne d'une quantité appréciable, et qu'ils ont été poussés à la limite de la résistance de la tôle de la colonne, l'on y met fin et l'on procède au retrait par parties, comme je l'ai fait connaître dans ce chapitre. Lorsque la colonne ne tient pas très fortement dans le

trou de sonde, un seul levier chargé à son extrémité par un tuyau plein d'outils ou par des tiges de sonde posées dessus et maintenues par des chevilles suffit pour le monter en l'aidant du treuil et de quelques coups de mouton.

Pour terminer l'examen de la planche 17, parlons maintenant du levier de la sonnerie (fig. 6), quoique ce ne soit pas ici le lieu de sa description; lorsqu'il sera question de la chèvre l'on se reportera à ce chapitre.

Ce levier a pour but de diminuer, selon qu'on en a besoin, la force à employer au treuil qui communique à la sonde son mouvement de percussion. Lorsque ce levier est fort, il est composé d'une pièce de chêne ou d'orme (A, fig. 6, A, fig. 7 *bis*), recouverte par une plate-bande de fer B, terminée à ses deux extrémités par un crochet; le plus fort de ces crochets se trouve du côté de la sonde, et reçoit le cordage ou chaîne qui l'unit à elle, au moyen de la tête à anneau tournant; des boulons I, etc., fixent la plate-bande à la pièce de bois. Le levier est posé sur un axe en fer F, et maintenu par deux brides GH, GH (fig. 7 *bis*), pressées par leurs écrous sur une plaque transversale D, portant sur la plate-bande et les calles C C, que l'on met à ses côtés. Ainsi établi, il se meut dans une poupée en fonte ou en fer E, fixée sur une pièce de chêne K, par un fort boulon *i*, *j*, autour duquel elle peut tourner. Cette pièce est assujettie sur deux autres, fixées contre les montants de la chèvre, et s'y peut mouvoir en avant ou en arrière, selon que l'on veut éloigner ou rapprocher l'axe de rotation du levier. Dans le crochet de devant, l'on passe ordinairement une chaîne au lieu de cordage; pour éviter l'usure prompte de celui-ci, il vaut mieux employer une chappe munie d'un galet (fig. 1), sur lequel se plie plus aisément un câble de gros diamètre. Enfin, pour la percussion, il vaut mieux encore remplacer cordage et chaînes qui demandent du temps pour être accourcis ou allongés, par de petites tringles de différentes longueurs; la première a, je suppose, $0^m,50$; la deuxième 1 mètre; une troisième aurait $1^m,50$;

de sorte que, lorsque la sonde a pénétré de 0^m,50, on ôte la deuxième, pour la remplacer par celle de 1^m,50 et ainsi de suite. Ces tringles s'adaptent les unes aux autres indifféremment par chappe et anneau. Le fer qui leur convient a 0^m,03 de diamètre. Pour éviter toutes secousses, l'on met entr'elles et la tête de sonde 0^m,30 de maillons qui subissent les oscillations du levier à battre.

Pour le derrière du levier, l'on n'emploie de corde que pour une sonnerie irrégulière ; dans tous les autres cas, l'on se sert de tringles, de chaînes, ou de feuillard plié en double et que l'on empêche de fouetter par quelques liens.

CHAPITRE VIII.

INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

Les opérations préalables à faire sur le terrain pour déterminer l'emplacement d'un sondage, ou pour reconnaître si ce point choisi à l'avance se trouve dans des conditions rationnelles, sont peu compliquées, mais elles sont de la plus grande importance, et il y a peu de sondages qui puissent être entrepris avec sécurité sans que l'on soit obligé d'observer avec soin sa position par rapport aux lieux environnants. Je dis que, souvent, les opérations du sondeur pour cet objet se réduisent à fort peu de chose, parce qu'avant lui, la topographie et la géologie des contrées qu'il se dispose à explorer ont été faites. Dans les départements de Seine-et-Marne, de Seine-et-Oise par exemple, il n'a d'autre note à prendre que la hauteur du point donné, relativement à des niveaux conventionnels, tels que ceux des rivières et de la mer. Il a rarement besoin de mesurer l'allure des couches de cette contrée, parce que la description des terrains tertiaires qui les composent a été détaillée dans de bonnes cartes. Il en est de même dans les départements de l'Aisne, des Ardennes, du Nord, de la Haute-Saône, etc.; néanmoins, dans ces derniers, il sera fréquemment dans la nécessité de se livrer à des observations minutieuses, parce que ses recherches ne s'y borneront pas à obtenir des eaux souterraines, mais auront souvent encore pour but la découverte de mines.

Les pl. 24 et 25 donnent les coupes géologiques des deux vallées

de la Seine et de la Marne, dressées d'après les sondages que j'y ai exécutés. Une ligne noire indique le niveau de la mer, des lignes brisées, les étiages des deux rivières, et des lignes ponctuées les hauteurs auxquelles les eaux se sont élevées.

Les propriétaires avoisinant les points où des résultats ont été obtenus n'ont, pour être fixés, qu'à faire un nivellement comparatif entre le point où ils veulent forer et celui qui se rapproche le plus de leur localité.

Lorsque les propriétaires veulent s'éclairer auprès des ingénieurs qui s'occupent de sondages, sur la possibilité d'obtenir des eaux souterraines s'élevant à une hauteur voulue, ils doivent toujours faire accompagner les renseignements qu'ils donnent sur leurs propriétés d'une indication de leur hauteur au-dessus des niveaux connus. Les cartes topographiques du Dépôt de la guerre donnent différentes cotes utiles ; mais elles ne donnent pas les cotes de détail suffisantes pour qu'il nous soit inutile de faire des nivellements partiels.

Les cotes de hauteur ne sont pas indispensables seulement pour la recherche des eaux ascendantes ; ce sont elles aussi qui nous guident dans la recherche des mines. En effet, lorsque la topographie d'un pays est achevée, et que, sur des courbes de niveau équidistantes, les affleurements des roches qui le composent géologiquement sont indiqués, l'on a de suite une idée de la puissance des formations, en tel ou tel lieu, par l'examen de la direction et de l'inclinaison qu'elles affectent aux affleurements.

C'est à l'aide de ces renseignements que, pour rechercher un gisement minéral, l'on établit les travaux aussi près que possible des couches ou des formations qui le renferment, en l'éloignant cependant assez de l'affleurement pour qu'il ait pu prendre un peu de développement.

NIVELLEMENTS.

Les propriétaires qui veulent faire faire des recherches doivent,

je le répète, indiquer aussi exactement que possible la hauteur du point à explorer par rapport à des plans conventionnels. Souvent, ils trouveront ces utiles renseignements dans les descriptions scientifiques de leurs localités ; dans le cas contraire, ils pourront ou les obtenir eux-mêmes ou le faire faire par d'autres personnes. Les instruments topographiques sont : le niveau d'eau, le niveau à bulle d'air, les niveaux à réflexion et le baromètre soit à air libre, soit à gaz comprimé.

Niveau d'eau.

Tout le monde sait aujourd'hui faire un nivellement simple avec le niveau d'eau, tube horizontal terminé par deux fioles qui lui sont perpendiculaires et dans lesquelles l'eau se met en équilibre ; cet instrument est mobile sur un pied à trois branches analogue à celui de différents instruments de topographie, tels que boussole, graphomètre, etc. Les hauteurs de niveau se déterminent par un plan passant par l'œil et les surfaces du liquide en repos, dans les deux fioles, que l'on a soin de tenir propres. Ce plan conduit ainsi, suivant le rayon visuel, rencontre le centre d'une mire, mobile à volonté sur une règle double graduée, en un point qui est ce que l'on appelle de niveau avec la surface du liquide.

La hauteur d'un point au-dessus de tel autre qui en est peu éloigné, s'évalue par une seule station, c'est-à-dire par deux coups de niveau. Lorsque les distances dépassent 30 mètres, l'on doit faire plusieurs stations, si l'on tient à ne pas commettre d'erreur sensible dans l'estimation de la hauteur cherchée. Dans le premier cas, l'on obtient la différence de hauteur entre les deux points considérés, en retranchant l'un de l'autre les deux nombres indiqués par la mire ; dans le nivellement à plusieurs stations, l'on fait la somme des coups d'avant, et celle des coups d'arrière, leur différence donne la relation cherchée entre le point de départ et celui sur lequel on s'est dirigé. Si le nivellement est très long, on évitera de tenir compte de la courbure de la terre en faisant

les coupes de niveau d'arrière et d'avant à des distances égales.

Avant de se servir d'un niveau d'eau, il faut le remplir et le vider une couple de fois, afin d'éviter les erreurs que peut amener la présence de quelques bulles d'air dans la branche horizontale. Pour changer de position avec commodité, les fioles doivent être munies de bouchons de liége attachés à leur collet; l'on peut n'en boucher qu'une; le plus souvent, cela suffit pour empêcher l'eau de sortir par celle opposée. Arrivé à la station, l'on débouche la fiole avec précaution ; si l'air est calme, on laisse les orifices tout à fait ouverts; s'il fait beaucoup de vent, et que l'on veuille absolument terminer une opération, que, du reste, l'on devrait autant que possible ajourner à meilleur temps, l'on bouchera celle des fioles que l'on touche pour manœuvrer l'instrument, mais de manière, bien entendu, à laisser agir sur le liquide la pression atmosphérique. Le vent n'a plus alors d'action sur la surface du liquide et l'on peut opérer. Au lieu de la fermeture des fioles, l'on peut, si l'on a des aides, garantir l'instrument par un mouchoir, un vêtement, etc.

Niveau à bulle d'air.

Le niveau à bulle d'air est composé d'un tube en verre de 15 à 40 centimètres de longueur, que l'on remplit d'eau ou d'esprit de vin, de manière à y laisser circuler une bulle d'air qui, lorsque le tube est horizontal, occupe le milieu de sa longueur bien indiqué par deux traits ou par une ouverture, ménagée à l'enveloppe de cuivre dont il est protégé. Ce tube, ainsi établi, est fixé sur une plaque de cuivre dressée en dessous et de manière à ce que l'axe du tube soit parfaitement parallèle à cette surface exacte ; l'instrument, à cet état de simplicité, est communément employé dans les arts pour la mise de niveau de différentes surfaces; on l'emploie en mécanique pour l'établissement des axes de transmission de mouvement et d'autres pièces importantes; les fabricants de

billards s'en servent pour dresser les tables de jeu, etc. Enfin il est d'une grande utilité pour les nivellements sur le terrain, mais alors la règle de cuivre, dont il est question précédemment, est assujettie sur une autre surface que l'on élève ou abaisse, au moyen de vis de rappel, pour fixer la bulle d'air dans la position de l'horizontalité. Latéralement au tube, se meut dans un plan vertical, une lunette d'observation autour d'un axe fixé sur le tube.

L'avantage de cet instrument sur le précédent consiste en une exactitude beaucoup plus grande, et en ce que la lunette d'approche permet que les distances des stations soient beaucoup plus éloignées.

Niveau à réflexion de M. Burel, modifié par M. Leblanc, commandant du génie.

Le Comité du génie et la Société d'encouragement ont décerné en 1829 des prix à l'inventeur de ce niveau ; après avoir subi diverses modifications, il a été décrit dans le Mémorial de l'officier du génie, en 1844. Les avantages qu'on a reconnus à cet instrument sont dus :

1° A la simplicité de son exécution et de sa rectification ;

2° A la longueur de sa ligne de mire ;

3° A la célérité de sa manœuvre, qui peut se faire même à la main et sans qu'il soit placé sur un pied ;

4° A son petit volume, propriété précieuse dans les reconnaissances.

Description de l'instrument.

Ce niveau est construit d'après ces principes: 1° que l'œil A (fig. 1, pl. 33) voit son image A′, réfléchie dans un miroir vertical B, à une aussi grande distance derrière ce miroir qu'il en est éloigné lui-même par devant ; 2° que la ligne A A′, qui joint le centre de l'œil et le centre de l'image, est horizontale.

L'instrument consiste en un petit pendule C (fig. 1 et 3) portant

un miroir B, qui se tient naturellement vertical en tournant autour de l'axe horizontal D, formé d'un simple ruban. Un chapeau E (fig. 2) recouvre l'instrument, s'adapte au tube F et l'abrite du vent; ce tube offre une portière KK par laquelle on regarde le miroir; elle se ferme en tournant un second tube G. Un bouchon H ferme le tube F par en bas.

Pour niveler, on retire le bouchon H, on ouvre la portière KK, et, en regardant dans le miroir, on amène l'image de la prunelle sur son bord, de manière à la mettre en coïncidence avec l'objet vers lequel on mire.

Pour les nivellements rigoureux, on opère en posant l'instrument sur un pied. Les résultats ainsi obtenus ont été compris, pour l'exactitude, entre ceux donnés par un niveau à bulle d'air et ceux donnés par le niveau d'eau. (Expériences faites à Lyon par ordre de M. le lieutenant-général Rohault de Fleury, qui, le premier, avait eu l'idée d'appliquer aux niveaux le principe de la réflexion.)

Pour les nivellements approximatifs, il suffit de tenir le tube à la main.

Les premiers niveaux avaient une double suspension; on a reconnu qu'une seule suffisait. Ils portaient au milieu du miroir une ligne horizontale; cette ligne a été reconnue embarrassante, surtout dans les nivellements à la main; elle assujettissait à y maintenir l'image de l'œil, opération assez difficile; bien des personnes l'oubliaient, miraient seulement sur cette horizontale et n'obtenaient qu'une ligne de mire inclinée.

M. Burel a approuvé toutes ces modifications.

Rectification de l'instrument.

Le miroir B (fig. 1 et 3) a été étamé moitié sur une face, moitié sur l'autre. Il résulte de cette disposition que l'instrument est à retournement, et que, s'il est bien réglé, l'on doit obtenir le même pointé, en visant avec l'une ou l'autre des faces du mi-

roir ; cette disposition rend très facile la rectification de l'instrument, et permet de vérifier à chaque instant s'il est bien réglé.

S'il ne l'était pas, on le rectifierait en tournant, en avant ou en arrière, la vis L, qui appuie sur le miroir et en change l'inclinaison.

Ce mode de rectification suppose les deux faces du miroir parallèles. On sait que le fabricant obtient facilement ce parallélisme, qui est vérifié avant de livrer l'instrument, et ne peut plus se déranger. C'est à M. de la Vatoublère, ingénieur civil, qu'on doit le principe de cette rectification.

Mesure et tracé des pentes.

Pour rendre cet instrument susceptible de mesurer et de tracer des pentes, l'on introduit la tige J (fig. 1), munie de son poids I, dans le trou M du pendule C ; celui-ci se tient alors dans une position inclinée, et l'on est obligé, pour observer et laisser libres les oscillations, de tenir aussi incliné le tube F, qui contient tout l'appareil. Si donc il est sur un pied, il faut que ce pied soit muni d'un genou en bois T (fig. 4), qui s'adapte au tube F ; ou d'un genou en cuivre T' (fig. 5), qui s'adapte au bouchon H.

Pour tracer ou mesurer des pentes avec l'instrument, il suffit de diviser la tige J (fig. 1) en parties égales convenablement espacées. Elles correspondent aux tangentes des pentes données par la ligne de visé. Quand on est arrivé, en tirant la tige, jusqu'à la pente de 20° ou 36 °/₀, par exemple, l'on obtient les autres pentes jusqu'à 70 °/₀ en tirant le cylindre plein I, qui rentre dans le tube J jusqu'à la marque qu'il porte, et se servant alors du second numérotage du tube J, les divisions se lisent à l'extrémité du tube M', qu'on adapte à volonté au pendule. Il faut avoir soin de le visser du côté de la vis L, et d'entrer le tube J dans le tube M' du même côté. Les pentes montantes s'observent donc toujours sur la face du miroir correspondant à la vis L, les pentes descendantes sur la face opposée ; de façon que lorsqu'on a observé une pente mon-

tante, si l'on veut en observer une descendante, il faut dévisser M′, amener la face opposée du miroir sur le devant, et revisser M′ par le côté L. On n'a rien de cela à faire dans le niveau de la figure 3.

La division en parties égales du tube j, est fondée sur la démonstration d'un théorème de statique, dû à M. le capitaine du génie Goulier. Soient D (fig. 6), l'axe de suspension du pendule, P son poids concentré à son centre de gravité O; la ligne DO est parallèle au miroir. Soient P′ le poids de la tige J et de la masse I qui la termine, concentrées à leur centre de gravité O′, M, le trou dans lequel glisse la tige J : puisqu'il s'agit de mouvement autour de l'axe D, on peut, pour le raisonnement, remplacer le poids P par un autre P″[1], appliqué en M, et déterminé par la relation $P'' \times DM = P \times DO$. Le système théorique du niveau de pente étant ainsi réduit au poids P″, appliqué en M, et à la tige J, mobile dans le trou de M, son centre de gravité sera toujours sur la tige J, en un point f tel que $P'' \times Mf = P' \times fO'$. D$f$ se dirigera suivant la verticale, et l'angle $PDf = \varphi$ sera l'angle du miroir avec cette verticale.

L'équation $P'' \times Mf = P' \times fO'$ peut se transformer en celle-ci : $\frac{P''+P'}{P'} = \frac{fO'+Mf}{Mf} = \frac{MO'}{Mf}$; or, $\frac{\text{tang.}\ \varphi}{R} = \frac{Mf}{MD}$ donc $\frac{\text{tang.}\ \varphi}{R} = \frac{MO'}{MD} \times \frac{P'}{P''+P'} = C \times Mo$ en faisant la constante $C = \frac{P'}{MD\,(P+P')}$. Si n est le nombre variable de divisions marqué sur la tige J en M; si n' est le nombre constant de divisions marqué en O′, on aura :

$MO' = n - n'$; $\frac{\text{tang.}\ \varphi}{R} = Cn - Cn' = Cn - C' \ldots.$ (1); ce qui revient à l'équation posée en premier lieu et dans laquelle on a par conséquent $C' = Cn'$.

Si l'on compte les divisions à partir de O′, on aura :

$$n' = o \text{ et } \frac{\text{tang.}\ \varphi}{R} = Cn' \therefore (2).$$

[1] L'accentuation de P″, placé près de M, a été omise sur la planche.

27

Enfin, si l'on fait les divisions de manière que $C\,n = N$ on aura $\frac{\text{tang. } \varphi}{R} = N$; c'est-à-dire que les tangentes des pentes correspondent aux divisions égales de la tige J.

Dans la pratique, deux observations dans lesquelles on connaîtra directement tang. φ, permettront, soit de déterminer C et C' dans l'équation (1), quand les divisions auront été tracées à l'avance sur la tige J, soit de tracer ces divisions de manière qu'on ait, comme dans l'équation (2), $\frac{\text{tang. } \varphi}{R} = N$.

La tige J (fig. 1) sera toujours placée dans le trou M, du pendule, du même côté, du côté du ressort qui l'empêche de glisser.

Si l'instrument n'a pas d'enveloppe, on lira les divisions à l'intersection de la tige J, avec la surface du pendule; car on ne peut les lire à l'intersection des axes théoriques indiqués figure 6. Si c'est un angle de hauteur que l'on prend, on mirera par la face du miroir correspondant à la vis L; si c'est un angle de pression, l'on mirera par l'autre face.

Si l'instrument a une enveloppe, comme dans la figure 1, les divisions se lisent à l'extrémité du petit tube qui sert d'allonge au trou M. C'est pour cela qu'il dépasse l'enveloppe et se dévisse.

Il faut, quand on observe des pentes avec le niveau, maintenir l'axe D, sensiblement horizontal; cela revient à maintenir l'axe du cylindre G, dans le plan vertical de la pente observée : quand on tient l'instrument à la main, l'on y est presque forcé par son poids, qui tend à le ramener dans cette position, et, quand il est sur un pied, il est assez facile de voir s'il satisfait à cette condition. Cette sujétion est évitée quand le pendule a une double suspension, et quelques instruments ont été exécutés ainsi ; mais on croit qu'on doit se contenter d'une seule. Les doubles oscillations rendent les observations pénibles.

Niveau réduit au pendule à miroir et à son axe (fig. 3).

Suivant le conseil de M. le lieutenant-général de Fleury, on réduit l'instrument à sa plus simple expression en ne conservant que le pendule C, avec son miroir B et son axe; dans cet état il est encore très propre à opérer à la main, même à prendre des pentes; mais il offre plus de prise au vent, et il ne peut se poser sur un pied qu'au moyen d'un piton qu'on a fixé au pied d'un côté, et qu'on passe de l'autre dans un petit cylindre placé pour cela à la partie supérieure du niveau. Ce petit cylindre n'est pas représenté sur la figure 3.

Niveau servant de goniomètre.

La base du tube F (fig. 1 et 2) peut se diviser facilement de cinq en cinq degrés, et une partie correspondante du genou T (fig. 4), garnie en cuivre, faire les fonctions de vernier.

Lorsque l'instrument est établi sur un pied, cette disposition permet de s'en servir pour mesurer des angles horizontaux à un demi-degré près. C'est la ligne formée par l'œil et son image qui sert d'alidade. Elle est fort précise. Il est à regretter que le cercle divisé ne puisse l'être autant à cause de son peu de grandeur. Cette disposition n'a pas été exécutée, et n'est indiquée ni sur le genou (fig. 4), ni sur l'instrument (fig. 2).

Le niveau complet coûte 35 francs; réduit au pendule à miroir il ne coûte que 15 francs; avec le tube F il en coûte 18. C'est ainsi qu'il convient le mieux de l'acheter. L'on peut d'ailleurs se procurer d'abord les niveaux de 15 ou de 18 francs, et demander plus tard la tige propre à mesurer les pentes; mais il faut que le mécanicien ait l'instrument pour diviser la tige J.

BOUSSOLE.

Boussole de reconnaissance pour les militaires, les voyageurs, les géologues, etc., construite par M. Gravet, rue Cassette, 14, d'après les dessins de M. le commandant du génie Leblanc.

Tout voyageur qui explore un pays, doit être muni d'une bous-

sole portative pour s'orienter quand il ne voit pas le soleil ; pour qu'elle soit complète, il faut qu'il puisse, non seulement s'en servir à la main, mais encore la placer sur un pied pour observer des angles horizontaux. Elle doit aussi, à l'occasion, se placer sur une petite planchette M (fig. 7 et 8, pl. 33), pour l'orienter, au moyen de petites coches *d*, qu'on aligne sur les carreaux du plan.

La boussole que nous présentons paraît satisfaire à toutes ces conditions ; elle a la forme d'une montre, forme généralement adoptée pour cette sorte d'instrument ; elle contient le petit pendule P, déjà en usage pour observer les angles verticaux.

Voici en quoi consistent les additions qu'on y a faites :

1° Une petite partie plate *bb* a été fixée sur le côté ; elle sert à mirer pour prendre des angles horizontaux ou verticaux. Pour ces derniers, elle présente surtout de l'avantage quand l'observateur veut prendre des pentes qui n'aboutissent pas à son œil, comme serait la silhouette d'une montagne éloignée ;

2° Le dessous de la boussole a été percé d'un trou à vis C (fig. 7), destiné à la fixer à une planchette au moyen de la vis *d*, ou sur un pied, au moyen du genou T′ (fig. 5), pareil à celui décrit pour le niveau Burel. Ils s'attachent à la boussole comme une clef à une montre ;

3° Un petit miroir A, étamé, moitié sur une face, moitié sur l'autre, et mobile autour d'une charnière F (fig. 7 et 8), a été adapté au-dessus de la queue de la boussole. Ce petit miroir peut servir d'alidade à réflexion quand la boussole est sur un pied, et même quand on opère à la main.

La boussole étant sur un pied, on mire les angles plongeants par la partie supérieure du miroir, les angles descendants, par la partie inférieure.

Quant on tient la boussole à la main, l'œil, placé au-dessous de la boussole pour mirer les angles plongeants, peut en même temps lire le degré marqué par l'aiguille ; mais, pour les angles mon-

tants, l'œil, placé au-dessous de la boussole pour mirer dans le revers du miroir A, ne pourrait plus voir les degrés. Pour remédier à cet inconvénient, M. le capitaine d'état-major Hossard a imaginé d'étamer une portion A′ du verre de la boussole ; on peut alors voir l'image de la prunelle dans le miroir A′, et la mettre en coïncidence dans un même plan vertical avec l'image du point à viser réfléchie dans le miroir A. Quand les plans perpendiculaires à A et à A′ coïncident, ils forment un plan perpendiculaire à la charnière F, et, par conséquent, une nouvelle alidade à réflexion qui est telle, que le point que l'on mire, étant placé au-dessus de l'œil, celui-ci peut cependant être en même temps au-dessus de la boussole et lire les degrés marqués par l'aiguille. Un petit clou *g*, adapté à l'aiguille de la boussole, permet en l'inclinant un peu d'exercer un frottement contre le verre et d'arrêter les oscillations.

Le miroir A étant étamé sur deux faces, comme ceux du niveau Burel, permet d'employer la boussole comme niveau. Pour cela, il suffit d'adapter à la queue de la boussole une petite vis contre laquelle le miroir appuie, et qui sert à régler la verticalité du miroir quand on suspend la boussole par un cordon HH (fig. 7 et 8). Ce même cordon traversant en H, sur la partie opposée de la boussole, permet de la suspendre à une ficelle tendue, et de la faire servir ainsi à prendre des directions dans les mines.

LUNETTE.

Lunette de reconnaissance avec support et micromètre pour la détermination des distances construite par M. Gravet, d'après les dessins de M. le commandant du génie Leblanc.

Après s'être procuré un niveau et une boussole, il reste à avoir un troisième instrument non moins utile : c'est une lunette, non seulement pour distinguer les objets de loin, mais encore pour faire des déterminations de distances, en ajoutant un micromètre à son foyer. Pour la rendre portative et claire, on fait mieux de se contenter d'une lunette qui retourne les objets ; cela n'a aucun

inconvénient pour les personnes habituées à se servir des lunettes d'instruments. Un petit micromètre, où le millimètre est divisé en 8 ou 10, suffit pour faire avec assez de précision des déterminations de distances au moyen de la formule $X = \frac{H}{h} \varphi$, dans laquelle X est la distance d'un objet à l'objectif; H la grandeur d'un objet; *h* le nombre de divisions qu'il intercepte sur le micromètre; φ un coefficient constant, déterminé par une expérience dans laquelle on connaît X, H et *h*. C'est la distance focale de l'objectif, mesurée en parties du micromètre.

Pour bien faire une observation avec une lunette, il faut pouvoir la fixer. L'on y parvient facilement au moyen d'une vrille, qui est reliée à la lunette par un mouvement de charnière comme celui des têtes de compas.

La vrille se fixe à un pied, à un arbre, etc., et la lunette peut être dirigée sur le point qu'on veut. On trouve chez M. Gravet, rue Cassette, 14, des lunettes qui répondent à toutes les conditions, et qui sont exactement de la grandeur du niveau Burel; on peut d'ailleurs adapter la vrille et le micromètre à une lunette ordinaire qui redresse les objets.

BAROMÈTRE.

Baro-thermomètre de Bodeur.

M. Bodeur, ingénieur, fabricant d'instruments de précision, a communiqué à la Société géologique, en 1838, deux instruments propres à mesurer la pression atmosphérique, et dont les dimensions sont assez petites pour les rendre très portatifs. Il leur donne le nom de *baro-thermomètres*. Ces instruments sont fondés sur la loi de l'uniforme dilatation des gaz, par accroissement de température sous une pression constante, découverte par Mariotte, et confirmée par les expériences de M. Gay-Lussac. Cette loi permet de construire un thermomètre à gaz, qui, sous une pression déterminée, indiquera les variations de température avec autant de précision que les thermomètres ordinaires. Mais si la pression vient

à changer, comme le volume des gaz à une température est en raison inverse de la pression à laquelle ils sont soumis, le thermomètre ainsi construit, avec la graduation propre à la pression primitive, marquerait un degré plus élevé si la pression a diminué, et plus bas si elle a augmenté. Ainsi, la comparaison d'un thermomètre à gaz avec un thermomètre à mercure ou à esprit-de-vin, substances incompressibles et dont le volume ne varie qu'en raison de la température, peut indiquer par ses différences les variations de la pression atmosphérique. C'est sur ce principe que sont fondés les baro-thermomètres de M. Bodeur.

M. Bodeur leur a donné deux formes principales. L'une est une boîte de 25 centimètres environ de longueur, 8 de largeur et 4 d'épaisseur, contenant un thermomètre ordinaire à mercure ou à esprit-de-vin, et, à côté, un thermomètre à gaz comprimé, composé d'un tube non capillaire, ouvert à son extrémité supérieure, et dont l'extrémité inférieure plonge presqu'au fond d'une cuvette hermétiquement fermée, et remplie en partie de gaz hydrogène (le gaz hydrogène est employé parce qu'il n'a aucune action sensible sur le mercure) et en partie de mercure qui s'élève aussi dans le tube. Ce thermomètre à gaz est gradué comparativement avec le thermomètre ordinaire sous la pression atmosphérique, égale à celle d'une colonne de mercure de $0^{m},762$ (28 pouces) de hauteur; en sorte que, quelle que soit la température sous cette pression, les deux thermomètres indiquent le même degré. Si la pression atmosphérique augmente, le gaz hydrogène est comprimé, et la colonne de mercure dans le thermomètre à gaz, indique un degré inférieur à celui du thermomètre ordinaire; si, au contraire, la pression diminue, le gaz hydrogène se dilate, et le mercure du thermomètre à gaz indique un degré supérieur à celui du thermomètre ordinaire. Sachant que les gaz, sous une même pression, doublent de volume pour une élévation de température de 266° $\frac{1}{3}$, et qu'en conséquence l'augmentation de volume par degré est de $\frac{3}{800}$ de leur volume primitif; sachant aussi que le volume des gaz est en rai-

son inverse de la pression qu'ils éprouvent, il serait facile de calculer la pression qui a produit une différence, puisque l'on connait : 1° le volume primitif du gaz à 0° et $0^m,762$ de pression ; 2° le volume qu'il aurait à la température du moment de l'observation et à la même pression, volume qui est donné par le degré du thermomètre ordinaire ; 3° le volume réel à ce moment ; ainsi :

Soit A le volume primitif du gaz à 0° et 762^{mm} de pression, t la température au moment de l'observation, donnée par le thermomètre ordinaire ; le volume V du gaz à 762^{mm} de pression, et à cette température sera $V = A\left(1 + \frac{3t}{800}\right)$; soit V′ le volume réel du gaz qui est donné, en ajoutant ou retranchant de la valeur de V le volume de la portion du tube, comprise entre le degré indiqué par le mercure et le degré t ; la pression cherchée sera donnée par la proportion

$$V : V' :: p : 0^m,762$$

d'où

$$p = \frac{V \times 0^m,762}{V}.$$

M. Bodeur, pour éviter ce calcul, a imaginé deux systèmes : le premier est un vernier circulaire en cuivre, mobile autour de son centre, et se mouvant au milieu d'un double cadran. On place la flèche du vernier devant le chiffre du cadran indiquant le nombre de degrés de la température réelle donnée par le thermomètre ordinaire ; on cherche sur le cadran le chiffre correspondant au degré du thermomètre à gaz, et le nombre de divisions du vernier compris entre ces deux points donne le nombre de millimètres qu'il faut ajouter à $0^m,762$, ou qu'il faut en retrancher pour obtenir la mesure de la pression. L'autre système est une colonne graduée placée entre les deux thermomètres. On place le chiffre 762 à la hauteur du thermomètre ordinaire, et le nombre de divisions, entre ce point et la hauteur du thermomètre à gaz, donne la mesure de la différence de pression.

Cet instrument est d'une grande sensibilité, et ceux que l'on trouve chez M. Bodeur donnent une élévation ou un abaissement

de 2 millimètres et demi par millimètre des baromètres ordinaires. On ne pourrait donc l'appliquer à la mesure des hauteurs, sur les montagnes élevées, sans allonger le tube du thermomètre à gaz de manière à rendre l'instrument beaucoup moins portatif.

M. Bodeur a donné à son instrument une autre forme qui permet de mesurer des hauteurs considérables avec un volume très commode pour cet usage. C'est un tube de verre bien calibré, tourné en cercle et pouvant par conséquent s'allonger indéfiniment en le disposant en hélice et en lui faisant faire plusieurs circonvolutions. Une des extrémités du tube est fermée; on le remplit de gaz hydrogène, qui est séparé de l'air atmosphérique par une goutte de mercure. Le tube étant mobile autour de l'axe du cylindre sur lequel il s'enroule, le poids du mercure l'oblige à tourner à mesure que le gaz change de volume; le mercure occupe toujours la partie inférieure. Le tube doit être gradué de manière à donner la mesure exacte de la température sous la pression de 762 millimètres. Quand la pression augmente, il tourne de manière que le mercure se rapproche du talon, beaucoup plus qu'il ne le ferait pour la pression primitive; le tube tourne en sens contraire et le mercure s'éloigne du talon lorsque la pression diminue plus que ne l'exige la température. Les instruments construits sous cette forme par M. Bodeur, donnent une sensibilité quatre à cinq fois plus grande que les baromètres les plus parfaits. Il en a fait un instrument de luxe en le fixant au sommet d'une élégante pyramide. Pour les voyages, le tube devant former plusieurs révolutions, de manière à donner un développement de 2 mètres à 2^{m}, 50, il pourrait être renfermé dans une boîte de 0^{m},30 environ de côté, qui pourrait servir de pied à l'instrument et dont les vides pourraient être utilisés. Mais, comme le cercle de cuivre qui sert de vernier dans l'instrument construit par M. Bodeur et décrit en premier lieu, ne s'adapterait pas à un tube formant plusieurs révolutions, on pourrait calculer d'avance les tables nécessaires pour mesurer la pression de l'atmosphère, par la compa-

raison du baro-thermomètre ou thermomètre à gaz avec le thermomètre ordinaire.

Nous donnons ci-après les tables barométriques de M. Delcros, qui sont applicables aux baromètres ordinaires, et qui peuvent aussi servir à ce calcul des hauteurs d'après le baro-thermomètre de Bodeur.

1re Table barométrique de M. Delcros (arguments H et H').

HAUTEUR du baromètre H.	VALEUR de log. H × 18.393 m.	DIFFÉRENCE pour 1 millimètre.	HAUTEUR du baromètre H.	VALEUR de log. H × 18.393 m.	DIFFÉRENCE pour 1 millimètre.
millimètres.	mètres.	mètres.	millimètres.	mètres.	mètres.
400	3073.7	19.846	600	6312.5	13.258
405	3172.9	19.602	605	6378.8	13.148
410	3270.9	19.366	610	6444.6	13.042
415	3367.8	19.132	615	6509.8	12.936
420	3463.4	18.908	620	6574.5	12.832
425	3558.0	18.686	625	6638.6	12.730
430	3651.4	18.468	630	6702.3	12.630
435	3743.7	18.260	635	6765.4	12.530
440	3835.0	18.050	640	6828.1	12.434
445	3925.3	17.852	645	6890.2	12.336
450	4014.5	17.654	650	6951.9	12.242
455	4102.8	17.458	655	7013.1	12.148
460	4190.1	17.272	660	7073.9	12.058
465	4276.5	17.088	665	7134.2	11.968
470	4361.9	16.906	670	7194.0	11.876
475	4446.4	16.728	675	7253.4	11.792
480	4530.1	16.554	680	7312.3	11.704
485	4612.8	16.388	685	7370.9	11.618
490	4694.8	16.220	690	7428.9	11.534
495	4775.9	16.054	895	7486.6	11.454
500	4856.1	15.898	700	7543.9	11.370
505	4935.6	15.740	705	7600.7	11.290
510	5014.3	15.586	710	7657.2	11.212
515	5092.3	15.436	715	7713.2	11.134
520	5169.4	15.290	720	7768.9	11.056
525	5245.9	15.142	725	7824.2	10.980
530	5321.6	15.000	730	7879.1	10.904
535	5396.6	14.862	735	7933.6	10.832
540	5470.9	14.724	740	7987.8	10.758
545	5544.5	14.590	745	8041.6	10.686
550	5617.5	14.458	750	8095.0	10.646
555	5689.8	14.330	755	8148.1	10.546
560	5761.4	14.198	760	8200.8	10.476
565	5832.4	14.078	765	8253.2	10.406
570	5902.8	13.952	770	8305.2	10.342
575	5972.6	13.832	775	8356.9	10.274
580	6041.7	13.714	780	8408.3	10.208
585	6110.3	13.596	785	8459.3	10.142
590	6178.3	13.482	790	8510.0	10.080
595	6245.7	13.370			

2me Table barométrique de M. Delcros.

LATITUDE moyenne sexagésimale. +	LATITUDE moyenne sexagésimale. —	Correction pour 100 mèt.	LATITUDE moyenne sexagésimale. +	LATITUDE moyenne sexagésimale. —	Correction pour 100 mèt.	LATITUDE moyenne sexagésimale. +	LATITUDE moyenne sexagésimale. —	Correction pour 100 mèt.
		mètres.			mètres.			mètres.
0°	90°	0.284	16°	74°	0.244	32°	58°	0.124
2	88	0.283	18	72	0.230	34	56	0.106
4	86	0.284	20	70	0.217	36	54	0.088
6	84	0.278	22	68	0.204	38	52	0.069
8	82	0.273	24	66	0.190	40	50	0.049
10	80	0.267	26	64	0.175	42	48	0.030
12	78	0.259	28	62	0.159	44	46	0.010
14	76	0.250	30	60	0.142	45	45	0.000

Une expérience d'après les tables de M. Delcros.

Le 16 juillet 1814, à 10 heures du matin, MM. Herrenschneider et Delcros, le premier à Strasbourg, l'autre au sommet du Niesen (en Suisse), ont observé respectivement les hauteurs barométriques H et H', les températures de leurs instruments T et T', et les températures de l'air t et t' ; et ils ont trouvé :

$$H = 753^{mil.},68 \qquad H' = 580^{mil.},97$$
$$T = +24°,4 \qquad T' = +13°,9$$
$$t = +26°,9 \qquad t' = +13°,5$$

$$\text{D'où } T' - T = -10°,5 ;\; t + t' = 40°,4.$$

Mais la lecture de la hauteur barométrique sur une échelle en cuivre exige une correction motivée par l'inégale dilatation du métal et du mercure dans le verre; cette correction consiste à retrancher de la valeur absolue de T' — T sa dixième partie, ce qui donne :

$$\tfrac{9}{10}(T' - T) = -9°,45.$$

(Cette correction calculée pour le baromètre de Ernst, n'est sans doute pas tout à fait la même que celle qu'il faut faire pour le baro-thermomètre Bodeur.)

La 1re table, avec l'argument H = 753,68, donne :

$$8,095,0 + (10,62 \times 3,68) = 8,134^{m},1$$

et avec l'argument H' = 580,97 elle donne :

$$6,041,7 + (13,71 \times 0,97) = 6,055^{m},0$$

Différence. . . . $A = 2,079^{m},1$

La correction due à la température du mercure est :

$$\tfrac{5}{2}(T' - T) = -(9,45 + 4,72) = C = -14^{m},2$$

$$A' = 2,064^{m},9$$

La deuxième table donne pour la correction due à la latitude moyenne 47°,5 une correction négative. . . . . . . $-(0,025 \times 20,6) - = C' = -0^{m},5$

La différence de niveau des deux baromètres était donc. . . . . $= A = 2,064^{m},4$

Or, l'instrument sur le Niesen était à $1^{m},80$ au-dessous du sommet, et à Strasbourg il était à $145^{m},0$ au-dessus du niveau de la mer; ajoutons donc 145,0 — 1,8, ou. . . . . $143^{m},2$

On trouve pour la hauteur de la cime du Niesen au-dessus du niveau moyen de la mer. . . . $2,374^{m},4$

L'on trouve tous les ans dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, une table pour calculer les hauteurs des montagnes d'après les observations barométriques. Cette table est due à M. Ottmanns. Selon MM. les rédacteurs de l'Annuaire, cette table est jusqu'à présent la plus commode de toutes celles qui aient été publiées. Une application numérique en fait connaître clairement l'emploi. Nous nous dispenserons de publier ici ces tables, comme nous l'avons fait pour celles de M. Delcros, attendu que l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* est un excellent ouvrage, à très bon marché et universellement répandu.

L'on a souvent besoin de connaître la température des bas-fonds; dans nos sondages nous faisons des expériences thermométriques avec le thermomètre à maxima et à minima de Bunten. Les thermomètres à index sont déjà employés pour un grand nombre d'usages; nous croyons inutile d'en donner ici une description spéciale.

CHAPITRE IX.

PUITS ARTÉSIENS.

Résultats obtenus dans les différentes localités de la France et à l'étranger.

Dans son ouvrage sur l'origine de la sonde, M. Héricart de Thury, qui a si puissamment contribué à la popularité des puits artésiens, exprime le regret de ne pouvoir donner un tableau complet de tous les puits artésiens existants en France; il en indique néanmoins un grand nombre, et les range par bassin hydrographique; je suivrai la même disposition, mais pour ne pas augmenter l'étendue de ce livre, je n'indiquerai que ceux qui ont donné les résultats cherchés, et ferai connaître, pour ceux que j'ai exécutés, le temps et la dépense de chacun d'eux; ces indications pourront servir de guide pour les forages à faire dans les mêmes localités.

DÉPARTEMENT DE LA SEINE (pl. 25).

Paris.

Il existe dans la ville de Paris une multitude de forages artésiens; les uns, que l'on compte par centaines, ont de 10 à 30 mètres de profondeur, suivant l'altitude de leur situation; ils consistent en un tube de bois d'orme ou de chêne, qui traverse et isole les premières eaux dites d'infiltration; après avoir passé une couche de marne ou d'argile, ces puits atteignent un premier

étage de la formation tertiaire ; cette eau s'y élève généralement à un niveau plus élevé que celui des puits ordinaires, elle est moins chargée de débris organiques et est plus abondante.

Une seconde série de puits artésiens existants dans Paris, quoique moins nombreuse que la première, ne laisse pas que de l'être encore beaucoup. Je vais en citer quelques-uns, établis dans différents quartiers pour l'usage d'industries importantes, et qui fonctionnent sans aucune variation depuis leur origine.

En 1831, j'ai fait pour M. Bayvet, raffineur de sucre, rue de la Roquette, un sondage de 50^{m},30 qui a amené des eaux abondantes à 2 mètres en contre-bas du sol, où la machine à vapeur va les chercher pour les besoins de la fabrique; ce sondage, tubé en cuivre, a coûté 5,000 francs, et a évité, depuis quinze ans, une dépense de 2,000 à 2,500 francs, que l'on payait annuellement au chaudronnier pour réparation des tuyaux et robinets corrodés par le tartre que les eaux employées précédemment déposaient journellement; en outre, l'on était dans la nécessité de mettre le feu bas tous les quinze jours, pour décrasser les bouilleurs de la chaudière.

Faubourg Saint-Antoine.

En 1832, j'ai fait pour le compte de la ville, au carrefour Montreuil, faubourg Saint-Antoine, un forage de 102 mètres. Les eaux de la dernière nappe se sont élevées et maintenues à 2^{m},60 en contre-bas du sol, elles devaient être versées dans le grand égout pour en faciliter le dégorgement; je crois que la ville ne les a pas encore utilisées. La dépense, tubage compris, a été de 12,000 fr.; c'était la première fois que les sondeurs avaient traversé la grande masse de sables ligniteux ; depuis lors, des forages exécutés dans les mêmes conditions ont été faits avec une dépense de moitié moindre.

En 1833, j'ai établi deux puits rue Picpus : l'un à la raffinerie de M. Gauvain, de 52^{m},50, l'autre à la filature de M. Gobert, de

61^{m},50 ; ces deux sondages ont été faits dans des puits déjà existants ; l'eau artésienne s'est élevée de quelques mètres au-dessus des eaux des grands puits ; elle alimente, sans que leur niveau baisse, de fortes machines à condensation. La dépense a été, pour le premier, de 3,000 francs, pour le second de 3,500.

Dans la même année, le département m'a chargé du forage à faire, dans la prison de la rue de la Roquette, pour l'eau nécessaire à ce vaste établissement. Le sondage, poussé à 75 mètres de profondeur, a trouvé des eaux abondantes et ascendantes dans les sables quartzeux des argiles plastiques, et, depuis 12 ans que les pompes fonctionnent, il n'y a eu aucune réparation à faire à ce sondage qui a coûté, tubage compris, 7,000 francs.

En 1837, M. Ravenas, propriétaire d'une filature sise rue des Amandiers, voulant éviter d'éteindre chaque quinzaine le fourneau de sa chaudière à vapeur, m'a chargé de lui faire un sondage. De la profondeur de 58 mètres, les eaux pures se sont élevées avec abondance à 3^{m},50 du sol, d'où la machine les aspire directement ; la dépense a été de 5,300 francs ; les bouilleurs ne se sont plus encrassés depuis.

Dans la même année, j'ai fait pour MM. Powels et Dubochet, à leur usine à gaz, barrière d'Italie, un sondage de 61^{m},50, qui sert pour la machine à vapeur à condensation, et a coûté 3,120 francs.

Alfort.

En 1842, M. Labbé, maître de poste à Alfort (banlieue), me demanda un forfait pour un sondage à faire dans son jardin. Malgré les observations que je lui fis dans ses propres intérêts, il persista à ne pas adopter d'autre mode ; je traitai avec lui moyennant une somme de 4,000 fr. en cas de succès, et exécutai le sondage en deux mois de travail. Deux nappes y ont été rencontrées à la fin des argiles plastiques ; leur produit au sol est d'environ 300 litres par minute ; la nappe inférieure s'élève à 4 mètres

au-dessus du sol et à 9 mètres au-dessus de l'étiage de la Marne.

Maisons-Alfort.

Un résultat analogue a été obtenu chez M. Delaporte à Maisons-Alfort : là les eaux, quoiqu'elles atteignent le niveau de celles d'Alfort, restent en contre-bas ou plutôt au niveau d'un sol plus élevé.

Ivry.

Le sondage le moins profond qui m'ait donné des eaux jaillissantes dans les argiles plastiques, est celui que j'ai fait en 1844 chez M. Fouilloux, à Ivry. Les argiles sont réduites à une seule couche de 2m,70 d'épaisseur, recouverte par les assises inférieures du calcaire grossier; c'est au passage de cette couche d'argiles et de la craie, à 22m,70, qu'ont été trouvées des eaux jaillissant à 2 mètres au-dessus du sol. Le sondage a coûté 3,000 fr. au propriétaire, c'est-à-dire le double de ce qu'il eût dépensé si, écoutant mon avis, il avait consenti à forer à la journée ou au mètre d'approfondissement.

Saint-Denis.

En 1846, j'ai obtenu, au couvent des Dames de la Compassion, un jet à 6 mètres au-dessus du sol du jardin, et produisant, au sol même, environ 800 litres d'eau par minute. Ce sondage, tubé en cuivre et en bois, a coûté au couvent 5,000 fr. Cette dépense a été augmentée d'une somme de 700 fr. pour le tubage d'un sondage horizontal servant de canal d'écoulement aux eaux du puits artésien sous la chaussée extérieure de la ville.

SEINE-ET-MARNE (pl. 25).

Les eaux souterraines sont abondamment répandues dans les dépôts tertiaires de ce département; indépendamment de celles contenues dans les dépôts fluviatiles récents, l'on trouve un pre-

mier niveau aquifère dans les marnes et calcaires lacustres supérieurs, et un second dans les sables et grès supérieurs, dont le type de formation est, comme on le sait, Fontainebleau, Palaiseau, etc. Ces eaux sont rarement ascendantes, parce qu'elles n'ont pas de bassins hydrographiques d'une étendue suffisante; on les voit sortir des flancs des collines sous forme de sources, et on les rencontre dans les excavations ou puits dont on perce les couches qui les contiennent.

Un troisième niveau d'eau, se divisant souvent en plusieurs branches, se remarque dans le terrain lacustre inférieur : l'étage des marnes et calcaires meulières supérieur à ce groupe, l'étage gypseux, l'étage calcaire inférieur, renferment des eaux souvent ascendantes, quelquefois jaillissantes, à plusieurs mètres au-dessus de la Marne ou de la Seine.

Les groupes de calcaire grossier contiennent aussi des couches aquifères que j'appellerai un quatrième niveau d'eau; enfin, les sables inférieurs ou le groupe des argiles plastiques en contiennent un cinquième, qui est le plus important en ce que les jets qu'il produit sont les plus fréquents et en même temps les plus élevés; les couches de ce groupe, qui forme la partie inférieure du bassin tertiaire géologique, constituant des réservoirs plus étendus que ne le sont ceux des couches précédentes.

Reuil.

En 1838, j'ai fait chez madame la marquise de Castellane un puits artésien dont les eaux, provenant des argiles plastiques, sont restées abondantes en contre-bas du sol; c'est le point le plus éloigné de l'embouchure de la Marne que j'aie exploré, et c'est aussi celui où les eaux atteignent, au-dessus de la mer, la plus forte ascension. Comme on le voit (pl. 25), cette ascension décroît au fur et à mesure que l'on descend vers Paris. Le sondage de Reuil a coûté 6,400 fr. Sa profondeur est de 83^{m},53.

Meaux.

De 1835 à 1838, j'ai fait à Meaux, tant pour la ville que pour des particuliers, huit puits artésiens qui traversent une partie du groupe du calcaire grossier sous lequel les sables et argiles inférieurs donnent, en certains points, des eaux jaillissantes et ascendantes seulement sur d'autres. Deux de ces puits ont atteint la craie ; celui de madame Dassy-Desmarchais a 93 mètres ; celui de la place Sainte-Céline en a 69. Le groupe des sables inférieurs (ou des argiles plastiques) étant, en cette localité, complétement développé, l'on y a rencontré le plus souvent trois ou quatre couches aquifères dont le dégorgement a été long et pénible. La profondeur moyenne de ces sondages, en laissant à part ceux qui ont atteint la craie, est de 57 mètres environ. Aucune variation ne s'est, jusqu'à présent, manifestée dans leur produit. Quelques-uns, celui de madame Dassy et celui de la place Sainte-Céline, ont baissé par suite d'un engorgement des sables, mais un nettoyage leur a immédiatement rendu leurs volumes primitifs.

Anet.

En 1841, j'ai fait, en suivant le mode à la journée de mon tarif, deux puits artésiens à Anet : le premier, chez M. Pigeron, a coûté 2,500 francs ; sa profondeur est de 44^{m},50 ; ses eaux forment une jolie fontaine à 3^{m},50 au-dessus du sol du jardin, et fournissent au sol 1,100 litres par minute. Le second, chez M. Péchard, a 52 mètres de profondeur, et a coûté au propriétaire 2,147 francs ; ses eaux sortent avec abondance d'un rocher artificiel à 1^{m},50 au-dessus du sol, et forment une petite rivière dont les eaux alimentent un lavoir communal.

Claye.

En 1841, j'ai obtenu des eaux jaillissantes chez M. Botot, à Claye, à la profondeur de 33 mètres ; le produit au sol est de 450 litres ; chez M. Feron, les mêmes eaux ont produit au sol, plus élevé que le précédent, 250 litres par minute. La dépense du

premier a été de 1,940 fr.; celle du second, a été de 1,500 fr. Cette différence provient de la nature des matières employées pour les tubages. C'est à la partie supérieure du groupe des argiles plastiques, sous les marnes du calcaire grossier, que les nappes ont été rencontrées.

Vaires.

L'un des plus beaux succès obtenus dans la vallée de la Marne est celui de Vaires, chez madame Ledoux. Ce sondage a traversé les mêmes formations que ceux d'Anet et Claye. Trois nappes jaillissantes y ont été rencontrées : les deux premières, à la fin des marnes du calcaire grossier, la troisième, au commencement du groupe des argiles plastiques. Leur produit commun est, au sol, de 2 mètres cubes par minute. La limite d'ascension de la dernière est d'environ 9 mètres au-dessus du sol, et de 15 mètres au-dessus de l'étiage de la Marne. Ce sondage, commencé le 18 octobre 1842, a été terminé le 15 décembre suivant. La dépense a été de 4,061 fr. Je viens d'en faire un second chez M. Ledoux fils, qui a tout aussi bien réussi et a coûté 5,000 fr.

Trilbardou.

Au-dessus de Vaires et d'Anet, j'ai fait, en 1843, chez M. de Lignères, dans une presqu'île de la Marne, un autre puits artésien qui sert aujourd'hui à l'irrigation des prairies. La dépense du propriétaire a été de 5,800 francs. Le produit des eaux, au sol, est de 600 litres par minute ; de 400 litres, à 2 mètres au-dessus du sol; et 200 à $2^m,50$. La limite d'ascension est $4^m,50$ au-dessus du sol, et 11 mètres au-dessus de l'étiage de la Marne.

Brou.

Au-dessous de Vaires, à 3 kilomètres de la rive droite de la Marne, un sondage de 75 mètres de profondeur, exécuté chez M. Charpentier, meunier, donne, au sol, 2,500 litres par minute, et 1,500 litres, à 3 mètres au-dessus du sol; il fait mouvoir presque

seul la paire de meules. Ce magnifique résultat, qui est jusqu'à présent le plus étonnant de ceux qu'on ait obtenus dans le bassin tertiaire de Paris, coûte au propriétaire 5,000 francs; les travaux ont eu lieu en 1845.

Lagny.

J'ai fait, à Lagny, pour augmenter le volume des eaux motrices de l'imprimerie de MM. Giroux et Vialat, un sondage qui a été commencé en janvier 1846 et terminé en mai même année. Les travaux entrepris sur un point un peu élevé, à la hauteur d'une source provenant du calcaire lacustre inférieur et qui composait tout le moteur de l'établissement, ont été plus longs et plus pénibles qu'ils ne le sont généralement sur tous les points de cette même localité; les sables qui contiennent la nappe jaillissante ont là une épaisseur de 18 mètres et sont extrêmement remontants Ils donnent de l'eau dont le produit, au sol, est d'environ 50 litres (le sol est à 10 mètres au-dessus de l'étiage de la Marne); à 2 mètres au-dessous, ce produit est de 400 litres, et se rend sur la roue à augets pour aider à la source dont il est question plus haut. Ce forage coûte au propriétaire 4,000 francs; il lui eût coûté davantage si mon traité eût été plus rationnel; mais ce forfait m'a mis en perte d'environ 2,500 francs. J'ai atteint, dans ce sondage, la craie à 105 mètres; je l'ai explorée jusqu'à 126 mètres. Plus tard, on a travaillé au puits, contrairement à mon avis, et on a perdu une partie des eaux.

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-MARNE.

Saint-Dizier.

En 1846, j'ai fait chez MM. Adam Huin et Ce, maîtres de forges, un sondage pour l'alimentation d'une machine de 120 chevaux. Deux nappes ascendantes, donnant de l'eau intarissable, ont été rencontrées : l'une à 29 mètres, l'autre à 30^{m},10 ; leur niveau fixe est 4 mètres au-dessous du sol. Ce résultat, qui est pour les

propriétaires de l'usine d'une importance telle que leur établissement ne pourrait subsister s'il n'eût été obtenu, leur a coûté, tubage compris, 2,000 francs environ.

Riaucourt.

Ce sondage, le quatrième entrepris par moi, a été commencé le 1er mars 1829 et terminé le 30 novembre suivant. M. Robin, maître de forges à Riaucourt, voulant se procurer de l'eau propre aux usages de sa maison, a fait exécuter le forage dans sa cour. La sonde n'a pas quitté le terrain jurassique jusqu'à la profondeur de 102 mètres, fin du sondage; c'est entre les assises de roches que des eaux saines et abondantes ont été rencontrées. Elles se sont élevées à 3 mètres au-dessus du lit habituel de la Marne et à 2m,60 en contre-bas du sol.

Ce forage a coûté au propriétaire, tout compris, 3,677 fr.; c'est-à-dire, 36 fr. le mètre.

Mertrud.

Un sondage a été fait en 1837 dans cette localité; le résultat qu'il a donné n'est pas satisfaisant; il est probable que si le sondage eût été continué au-delà de 88m,33, l'on aurait rencontré des nappes jaillissantes ou ascendantes. Ce travail a coûté à la ville 3,198 fr.

Vassy.

J'ai fait, la même année, à Vassy, un sondage de 46m,66 dans le terrain jurassique; j'y ai rencontré trois nappes ascendantes. Le niveau de celle supérieure s'est fixé à 3 mètres au-dessous du sol. La dépense de la ville a été de 2,828 fr.

DÉPARTEMENT DE SEINE-ET-OISE.

Ce département a beaucoup d'analogie avec celui de Seine-et-Marne, sous le rapport de sa constitution géologique et sous celui des bassins hydrographiques qu'y forment les dépôts tertiaires;

l'on doit donc s'attendre à y rencontrer fréquemment, à divers étages, plusieurs niveaux aquifères donnant lieu, soit à un jet, soit à une ascension. J'ai fait, dans ce département, quarante sondages environ, tant pour recherches d'eaux que pour celles de plâtres et de minières; je ne parlerai que des puits artésiens proprement dits.

Saint-Gratien et Enghien-les-Bains.

En 1830, j'ai exécuté chez M. Peligot quatre sondages dans des terrains d'alluvions; ils ont une profondeur moyenne de 16 mètres; la quantité d'eau qu'ils donnent à l'étang de Saint-Gratien est de 540 mètres cubes par 24 heures; la dépense à laquelle ils ont donné lieu de la part du propriétaire est de 1,600 francs, tubages compris.

Un cinquième forage, exécuté pour M. Peligot, a donné de l'eau jaillissante au-dessus du sol; sa profondeur est de 22^{m},50, son prix de 455 francs. Les terrains qu'il a traversés sont des sables et des tourbes.

Porché-Fontaine et Cernay.

Un sondage a été fait par moi dans chacune de ces localités; tous deux ont donné de l'eau ascendante; le premier, de 65 mètres de profondeur, a coûté 3,240 francs; le second, de 86 mètres, a coûté 4,285 francs; les travaux ont eu lieu en 1830.

Essonnes.

En 1832, j'ai fait dans la filature de M. Feray un premier puits artésien qui a donné de l'eau jaillissante que l'on a utilement répartie dans les diverses parties du bâtiment; les terrains traversés sont le calcaire lacustre inférieur et les argiles plastiques; c'est dans les sables de ces dernières que les eaux jaillissantes existent; elles forment une belle vasque à 1^{m},50 au-dessus du sol. Leur limite ascensionnelle est d'environ 10 mètres au-dessus de la Seine. Ce puits, tubé en cuivre, a coûté au propriétaire

3,500 francs. Sa profondeur est de $40^{m},50$. Plus tard, j'en ai fait un second dans le parc ; il donne le même résultat.

Corbeil et Essonnes.

En 1833 et 1834, j'ai fait à Corbeil un puits artésien et cinq autres à Essonnes; la profondeur moyenne de ces forages est d'environ 55 mètres ; tous, un excepté, donnent de l'eau jaillissante ; celui de Corbeil a coûté 4,000 francs, les autres ont coûté de 4,500 à 6,000 francs; les terrains que l'on y a rencontrés sont le calcaire lacustre inférieur et le groupe des argiles plastiques ou des sables inférieurs; le produit de ces puits a considérablement augmenté depuis leur construction ; dans quelques-uns il a même doublé ; l'on a facilité cette surabondance en extrayant les sables des nappes, au moyen d'une injection d'eaux par une pompe à incendie.

Corbeil.

En 1838, j'ai fait pour M. Deneirouse un nouveau sondage à Corbeil ; ce sondage a, comme les puits voisins, traversé le calcaire lacustre et siliceux et les sables et argiles inférieurs avec leurs lignites ; j'y ai obtenu des eaux jaillissantes qui ont coûté 4,000 francs au propriétaire.

Orsay.

M. de Cauville, manquant totalement d'eau dans sa ferme d'Orsay, vint me consulter en 1833 sur la possibilité d'en obtenir au moyen d'un sondage. Je fis 75 mètres de forages qui coûtèrent, au propriétaire, tubages compris, 4,267 francs, et amenèrent le résultat demandé. Les terrains traversés sont 1° le terrain lacustre supérieur, 2° les sables supérieurs dans lesquels on a trouvé des eaux ascendantes.

Saint-Vrain.

En 1833, j'ai fait chez le prince Borghèse un sondage de

105 mètres de profondeur qui, en raison des difficultés qu'a présentées le tubage des couches croûlantes, a donné lieu à une dépense de 10,000 francs; les eaux que l'on y a trouvées sont seulement ascendantes.

Soisy-sous-Étioles.

J'ai fait, en 1835, un premier sondage à Soisy, chez M. Galignany, dans sa propriété située près de la Seine; là, les argiles plastiques sont, comme à Essonnes, recouvertes par le terrain lacustre inférieur. Le sondage a été poussé à la profondeur de 56 mètres, moyennant une dépense de 5,251 francs, et a donné de l'eau qui jaillit à 5 mètres au dessus du sol ou environ 11^{m},16 au-dessus des plus basses eaux de la Seine.

Un second puits, entrepris chez M. de Vandeuil, à l'ancien château de Soisy, mais sur un sol plus élevé que le précédent, a donné pour cette raison, de l'eau qui ne jaillit que faiblement au-dessus du sol. Ce sondage, sur lequel j'ai perdu, a coûté au propriétaire 6,500 francs.

Chaville.

J'ai obtenu, à Chaville, par un sondage de 20 mètres, de l'eau abondante qui se tient en contre-bas du sol. Ce petit travail a coûté 385 francs.

Mondeville.

Ce sondage, commencé en octobre 1842 et achevé en juillet 1843, avait pour but d'amener dans un puits de 86 mètres de profondeur, des eaux abondantes pour l'exploitation de la ferme de M. Bourgeois. Le sondage a commencé au fond du grand puits, lequel est creusé en partie dans les grès et sables supérieurs, en partie dans le groupe du calcaire lacustre inférieur, et a été poussé jusqu'à 185^{m},30, dont 4^{m},71 dans la craie. A 150 mètres, l'on a rencontré une nappe d'eau qui s'est maintenue à 83 mètres au-dessous du sol, c'est-à-dire à 3 mètres plus haut que le fond du grand puits. Ce que l'on a gagné par ce sondage, c'est une eau

inépuisable ; l'on avait, avant les travaux, de l'eau provenant de la formation lacustre, dont le niveau était en hiver à 72 mètres, et en été à 85 mètres au-dessous du sol ; mais, à cette dernière époque, plusieurs voyages de tonne ne tardaient pas à mettre le puits à sec. La dépense du propriétaire a été de 7,500 francs.

Crosne.

J'ai obtenu, à Crosne, chez M. Jeunesse, un bon résultat à 101^m,40 de profondeur dans les sables ligniteux des argiles plastiques, lesquelles sont encore recouvertes, en ce point comme à Corbeil et à Soisy-sous-Étioles, par des couches du groupe du calcaire lacustre inférieur. A 0^m,25 au-dessus du sol élevé du jardin, l'eau fournit 20 à 30 litres par minute, et forme une jolie fontaine jaillissante dans la partie basse de la propriété. La dépense du propriétaire a été de 4,750 francs.

DÉPARTEMENT DE L'OISE.

Compiègne.

J'ai fait, en 1834, un traité avec la liste civile pour le creusement d'un puits artésien dans le jardin du château de Compiègne. Le sondage, commencé dans la craie, devait être poussé à 400 mètres au moins, pour qu'il pût atteindre les sables verts aquifères ; mais il fut abandonné à la profondeur de 84^m,65 pour des motifs qui me sont tout à fait inconnus. La dépense de la liste civile n'a été que de 5,375 francs.

Beauvais.

En 1838, j'ai obtenu, dans cette localité, un résultat analogue à ceux que d'autres sondeurs ont eus dans le département de l'Aisne, en pénétrant la partie supérieure de la craie. Un sondage a été poussé, chez M. Caron-Motel, à la profondeur de 31 mètres ; mais ce n'est qu'à 14 mètres que les fissures de la craie ont donné une eau pure, intarissable, dont le propriétaire avait besoin pour sa blanchisserie. Ses dépenses se sont élevées à 845 francs.

DÉPARTEMENT DE L'ORNE.

Alençon.

Voici la coupe de l'un d'eux:

En 1836, j'ai fait à Alençon une dizaine de sondages, dont les deux plus profonds ont 20 et 24 mètres. Tous ont donné des eaux intarissables, et ont coûté ensemble la somme de 6,370 francs.

Terrain détritique.	— Remblai et terre végétale.	6,33
Terrain jurassique.	— Calcaire oolitique à grains très fins.	0,66
Terrain liasique.	Arkose. — Grès à pâte siliceuse et calcaire avec feldspath, baryte et galène.	2,84
	Sables quartzeux et terreux.	2,78
	Première nappe ascendante.	
	Arkose. — Grès.	0,40
	Sables siliceux.	0,50
	Deuxième nappe.	
	Arkose. — Grès.	4,67
	Marne jaune.	0,15
	Sables calcaire et siliceux, avec mica.	0,50
	Troisième nappe.	
Terrain granitique.	— Granit désagrégé.	1,05
		19,88

DÉPARTEMENT DU CALVADOS.

Un sondage ouvert dans le terrain oolitique de Caen, en 1832, y a été poussé, en un mois de travail, à la profondeur de 26 mètres. Les eaux, dont le propriétaire avait besoin pour la condensation de la vapeur d'une machine de 20 chevaux, ont été obtenues et se maintiennent à $0^m,40$ en contre-bas du sol. Ce travail a coûté 550 francs.

DÉPARTEMENT DE LA MANCHE.

Orglandes.

En 1832, j'ai fait, pour augmenter les eaux motrices du moulin de M. Béranger, un sondage de 50 mètres. Dans ce parcours, des couches minces de calcaire compacte, de marne jaune ou ver-

dâtre et de sables graveleux, se succèdent avec une constante régularité ; c'est dans une de ces couches meubles que j'ai rencontré des eaux qui ont jailli au-dessus du sol. Les dépenses de M. Béranger se sont élevées à 1,300 francs.

DÉPARTEMENT DES ARDENNES.

Donchery.

J'ai commencé, en 1843, un sondage dans ce département, pour la recherche du sel gemme ou de la houille, sur les indications données par M. Sauvage, ingénieur des mines, et pour le compte de la Société départementale (pl. 30). La profondeur est aujourd'hui (novembre 1846) de 365 mètres, et les travaux continuent. Les terrains traversés jusqu'à présent dans le groupe liasique sont :

1° Marnes bleues à ovoïdes.	73	mètres.
2° Calcaire sableux.	133	»
3° Calcaire à griphites.	124	»
4° Sables des marnes irisées. . . .	35	»
	365	mètres.

Les dépenses faites jusqu'à ce jour sont, tubages compris, de 76,000 fr.

A la profondeur de 236 mètres, l'on a rencontré des eaux jaillissantes qui servent à l'alimentation de la machine à vapeur de 6 chevaux par laquelle j'ai remplacé les manœuvres ; à 332 mètres une nouvelle nappe a jailli au-dessus du sol; elle contient 3gr.,33 de sel par litre.

DÉPARTEMENT DE LA SOMME.

Lucheux.

1838. — En recherchant de la houille pour la compagnie de Bouquemaison, j'ai rencontré, dans les grès verts du terrain crétacé, des eaux qui ont jailli au-dessus du sol. Je fais voir dans les coupes géologiques de cet ouvrage la succession des couches traversées par le sondage de Lucheux (pl. 28) sur lequel, M. Du Souich

a fait une notice, dans son ouvrage sur les terrains du nord de la France; je crois utile de la rapporter ici. « Si l'on considérait « isolément les calcaires oolitiques ramenés de ce sondage, il « serait difficile d'en assigner l'âge géologique, d'autant plus « qu'ils n'ont été ramenés qu'en grande partie pulvérisés. On « pourrait être porté à les considérer comme appartenant au ter- « rain jurassique; mais quelques circonstances de gisement pour- « raient également conduire à une autre opinion.

« L'on a rencontré successivement deux assises de calcaire « oolitique; entre elles se trouvent environ 3 mètres de marne « argileuse et de sables glauconieux avec noyaux, comme ceux du « tourtia, absolument semblables à ceux traversés précédemment. « La première assise calcaire succédait elle-même à des marnes « argileuses grises. Il me semble donc qu'on peut rattacher ces « deux assises calcaires oolitiques à la deuxième division du « groupe crétacé. Elles en constitueraient la partie inférieure, et l'on « aurait ainsi un fait analogue à ce que présente, dans d'autres « localités, le terrain qu'on a récemment appelé *néocomien*.

« Si ces roches devaient être rapportées au groupe oolitique, « on ne pourrait guère les regarder que comme correspondant « au *Portland stone*. Les sables de Portland présentent en effet « quelquefois une grande ressemblance avec ceux des grès, et ce « fait s'observe dans le bas Boulonnais. La présence des calcaires « oolitiques dont je viens de parler est une circonstance fort « intéressante sous le rapport géologique; j'en ai parlé en détail, « dans le but de faire voir combien de considérations sont néces- « saires pour se former une opinion sur les terrains que l'on tra- « verse. »

DÉPARTEMENT DU NORD.

Marchiennes et Vred.

En 1838 et 1839, j'ai trouvé, comme à Lucheux, des eaux jaillissantes dans les sondages de Vred et de Marchiennes (pl. 26); ici les nappes ne se trouvent pas sous la craie, mais bien dans

les fissures de sa partie supérieure, recouverte par des argiles appartenant au terrain tertiaire.

Lille.

Dans les années 1839, 1840 et 1841, j'ai fait à Lille trois sondages pour recherches d'eaux jaillissantes; tous ont donné un résultat satisfaisant; les nappes proviennent des fissures du calcaire carbonifère qui est recouvert par une craie compacte et imperméable à sa partie inférieure. Le sondage de l'Esplanade a 121^m,50, et a coûté 6,427 fr.; celui de l'Hôpital militaire (pl. 28) a 120^m,30, et a coûté 6,250 fr.; enfin le troisième, à l'Hôpital général, a été poussé à 180^m,60, moyennant 8,000 fr.

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAÔNE.

Luxeuil.

Ce sondage, commencé en septembre 1832 sur la place de la mairie, a atteint le 15 juin suivant la profondeur de 101 mètres. Le conseil municipal n'ayant pas voté de fonds pour sa continuation, il a été abandonné.

La place de la mairie est située à 20 mètres environ au-dessus des vallées; les eaux rencontrées à la base des grès rouges se sont élevées de 6^m,20 au-dessus de celles des puits ordinaires, et sont maintenant à 7^m,30 en contre-bas du sol; si le sondage eût été fait dans la vallée, les eaux eussent jailli de beaucoup au-dessus du sol. La dépense totale a été pour la ville de 8,820 fr.

Pendant mon séjour à Luxeuil, ayant visité les sources thermales qui alimentent les bains, j'ai conseillé de les dégorger au moyen de la sonde; ce travail a presque doublé leur volume sans leur rien ôter de leurs qualités primitives.

DÉPARTEMENTS DE L'ALLIER ET DE LA LOIRE.

En 1844, 1845 et 1846, j'ai fait à Cusset, Vichy et Roanne, plusieurs puits donnant des eaux minérales ou naturelles; toutes sont jaillissantes au-dessus du sol.

DÉPARTEMENT DU BAS-RHIN.

Haguenau.

Ce sondage, entrepris pour le compte de la ville, en 1837, lui a coûté 96,750 fr. pour une profondeur de 290 mètres, tubages compris. Les terrains que l'on a traversé sont : 1° 24 mètres d'argiles marneuses et sablonneuses, que l'on rapporte au terrain tertiaire mais qui pourraient bien être aussi des alluvions du Rhin; 2° 266 mètres d'argiles vertes, bleues, et grès, contenant dans leur partie inférieure des grès siliceux et des sables fins.

A 265 mètres, l'on rencontre une source minérale jaillissante, que la ville de Haguenau n'a pas voulu mettre à profit.

Schwabweiller.

J'ai fait, vers la fin de 1838 et en 1839, dix sondages pour la compagnie des bitumes Polonceau; deux d'entre eux ont donné des eaux, coulant au-dessus du sol et contenant de l'huile de pétrole dans de riches proportions; à la suite de cette découverte, une ordonnance royale a accordé la concession.

Ces sondages varient de profondeur de 25 à 75 mètres; le prix moyen de l'approfondissement est au-dessous du plus faible prix de nos tarifs. Ils ont été faits en peu de temps; le terme moyen de la quantité forée par jour était 1^{m},50 à 2 mètres.

DÉPARTEMENT DE SAÔNE-ET-LOIRE.

Châlons-sur-Saône.

Trois sondages pour recherches d'eaux jaillissantes ont été faits par moi pour le compte de cette ville en 1843. Celui de la place de Beaune a coûté 10,579 fr. pour une profondeur de 159 mètres; les deux autres, sur les places Saint-Pierre et Saint-Vincent, ont coûté ensemble 7,500 fr. pour des profondeurs de 48 et de 55 mètres. Dans les trois sondages, la nappe jaillissante a été rencontrée entre le 40e et 50e mètre, selon les inégalités du sol et l'allure irrégulière des couches souterraines.

DÉPARTEMENT DE LA SARTHE.

Luard.

En 1839, j'ai entrepris un sondage chez le marquis du Luard; je l'ai poussé à 102 mètres de profondeur dans les assises inférieures du terrain crétacé ; j'y ai rencontré des eaux ascendantes qui se sont fixées à $1^{m},50$ en contre-bas du sol; le propriétaire, découragé par la lenteur avec laquelle lui paraissaient marcher les travaux, les a abandonnés après avoir fait une dépense de 7,453 fr., qui est à peu près la somme que j'ai déboursée.

Le Mans.

Ce sondage, entrepris pour le compte de la ville, a été commencé en 1831 et abandonné en 1834 par le conseil municipal. Sa profondeur est de 202 mètres, et il pourrait être continué. Les terrains qu'il a traversés appartiennent aux assises inférieures du groupe du terrain crétacé qui, aux environs et à l'ouest du Mans, sont en contact avec les terrains jurassiques; ce voisinage de la superposition des deux formations est peut-être la cause pour laquelle les couches sableuses du terrain crétacé ne contiennent pas d'eau dans cette localité.

Les dépenses de la ville ont été de 20,250 fr.

DÉPARTEMENT DE L'YONNE.

Saint-Fargeau.

Ce sondage, entrepris chez M. le marquis de Boisgelin, sur un point culminant de sa propriété, a traversé 60 mètres de craie blanche et silex et a été continué jusqu'à 203 mètres dans les argiles, les sables et les grès verts inférieurs, dans lesquels on a rencontré deux nappes fortement ascendantes. Les travaux commencés en novembre 1833 ont été terminés en juillet 1835, et ont coûté au propriétaire 30,397 fr. Le prix d'approfondissement, en y comprenant les tuyaux et dépenses accessoires, a été d'environ 150 fr. par mètre. C'est dans ce forage que M. Noettinger, mon di-

recteur, a fait pour la seconde fois, sur une grande échelle, l'emploi des outils élargisseurs, et que par leur secours nous sommes parvenus à éviter le rétrécissement du forage et la multiplicité des jeux de tuyaux de retenue. Si M. de Boisgelin se décide un jour à faire une tranchée ou un tunnel, il aura une belle source à mi-côte, sur un point élevé de 20 mètres environ au-dessus du parc et de la cour du château. Ce travail ne nécessiterait pas une dépense de plus de 3,000 fr.

DÉPARTEMENT D'EURE-ET-LOIRE.

Foulonval.

Ce sondage, commencé le 15 janvier 1838 dans la vallée de l'Eure, près Dreux, a atteint la profondeur de 60 mètres en quarante jours, quoique, à la base, la craie fût parsemée de silex agglomérés; la dépense totale a été de 872 francs, ce qui donne une moyenne de 14 fr. 50 c. par mètre d'approfondissement.

La craie fissurée a produit beaucoup d'eau qui s'est élevée à 2 mètres en contre-bas du sol.

Le peu d'importance de l'usine dans laquelle a été exécuté ce forage est la seule cause pour laquelle il n'a pas été poussé plus loin; il était dans toutes les conditions voulues pour qu'on y espérât un résultat satisfaisant. Dans l'espérance que les propriétaires persisteraient, j'avais entrepris ce travail en ne demandant que le remboursement de mes dépenses, et rien pour mon temps et la fourniture de mon équipage de sonde.

L'approfondissement a été de $1^m,50$ par journée de travail.

DÉPARTEMENT DE MAINE-ET-LOIRE.

Saumur.

Ce sondage, commencé en 1831 par M. Allot à qui j'avais vendu une sonde de 100 mètres, a été abandonné par lui à la rencontre des grès verts de la formation crétacée; sa sonde étant brisée, il me fit appeler en 1833 pour la retirer; je réparai cet

accident et j'alésai le sondage à un diamètre suffisant pour la descente d'une colonne en bois. Après l'approfondissement d'une dizaine de mètres et le placement de la colonne d'ascension, les eaux s'élevèrent à $12^m,60$ au-dessus de l'étiage de la Loire; mais le sol de la place Saint-Pierre, sur laquelle est le forage, étant à $14^m,10$ au-dessus du fleuve, les eaux du sondage restent stationnaires à $1^m,50$ au-dessous du pavé de la place. Dans l'espérance d'obtenir une seconde nappe plus ascendante que la première, j'ai poussé le sondage jusqu'à 136 mètres. La ville ne voulant concourir en rien à la dépense, j'ai cessé le travail le 15 novembre 1833. Le niveau de l'eau permet d'établir une borne-fontaine dans une des principales rues de Saumur située à $3^m,20$ au-dessous du sol de la place Saint-Pierre. Ce résultat pourrait être utilisé depuis dix ans par la ville; j'ignore pourquoi elle ne le fait pas.

Beaufort.

En 1836, j'ai fait, pour le compte de la ville de Beaufort, un sondage qui a nécessité trois cent sept jours de travail; les couches traversées appartiennent en partie au terrain crétacé, en partie au terrain jurassique schisteux; c'est dans ces dernières que l'on a rencontré plusieurs nappes ascendantes dont le niveau fixe est de $1^m,50$ en contre-bas du sol.

Ce travail a coûté à la ville 9,000 francs. Elle a fait élever au-dessus du forage une colonne de 12 mètres de hauteur, surmontée de la statue de Jeanne de Laval; cette statue en bronze, exécutée par M. Fragonard, est représentée tenant à la main l'édit par lequel la princesse donne aux quatorze communes de l'ancien comté de Beaufort les marais qui font aujourd'hui la fortune de cette riche vallée.

DÉPARTEMENT D'INDRE-ET-LOIRE.

De 1830 à 1837, j'ai fait seize sondages, dont dix à Tours

et six dans les environs; leur profondeur est en moyenne de 150 mètres. Un seul, celui de Ferrières-Larçon, placé dans le voisinage des affleurements du terrain crétacé sur le terrain jurassique du Poitou, n'a pas amené de résultat. Tous les autres ont donné des eaux jaillissantes, excepté cependant celui de Marmoutier, dans lequel on n'a rencontré que des eaux ascendantes dans la craie que le sondage n'a pas dépassée. Les eaux de ces puits, dont le volume par minute est, pour quelques-uns, de plusieurs mètres cubes, sont employées à la salubrité du pays, aux irrigations, et comme forces motrices; la limite d'ascension n'a pas été mesurée pour tous; l'on peut, sans exagération, la porter au maximum à 40 mètres au-dessus de la Loire. La totalité des dépenses auxquelles ces sondages ont donné lieu est de 146,797 francs, pour 1,940 mètres de forage et 1,600 de tubage.

RUSSIE MÉRIDIONALE.

Roubejnoï, près Oust-Bistrianskaïa-Stanitsa.

L'un des sondages que j'ai exécutés, en 1838, dans le pays cosaque, pour la recherche de la houille, au compte de M. Demidoff, présente un exemple d'eaux jaillissantes dans le terrain carbonifère. A la profondeur de 68 à 74 mètres, des eaux abondantes, provenant d'une couche de schistes avec rognons de fer carbonaté, se sont élevées à 2 mètres au-dessus du sol. Le cosaque dans le champ duquel a été fait ce sondage en utilise les eaux pour l'arrosage de son jardin, et leur donne un écoulement dans le petit Don qui coule non loin de là.

HESSE.

Hombourg.

Sept sondages ont été exécutés par moi dans la vallée de Hombourg, pour les bains; ils ont eu pour résultat la découverte de quatre sources thermales qui sont les plus importantes de ce bel établissement.

L'état qui suit fait connaître les qualités et la composition de chacune de ces sources, si différentes entre elles.

Années.			Pieds.	Pouces.	
1841	1	Sthall-Brunnen,	206	9	Eau ferrugineuse.
1841-1842	2	Kaiser-Brunnen,	384	10	Eau sulfureuse.
1842	3	Puits d'eau douce,	19	6	Eau douce.
1842	4	Prairie verte,	281	»	—
1843	5	Ludwigs-Brunnen,	133	»	Eau saumâtre.
1843	6	Trou salé,	261	»	—
1843	7	Prairie du prince,	181	10	—
			1,467	»	

ou environ 448 mètres.

AUTRICHE.

Guntransdorf, près Vienne.

En 1840, je fis, pour MM. Feast et Braisach, un sondage de 110^{m},40 de profondeur, dans des terrains représentés par le groupe des sables inférieurs et argiles plastiques du bassin de Paris. L'on a rencontré deux nappes ascendantes : l'une à 45 mètres, l'autre à 51 mètres, dont le niveau s'est fixé à 2^{m},30 en contre-bas du sol. La dépense des propriétaires de l'usine a été de 2,600 francs.

ROYAUME LOMBARDO-VÉNITIEN.

Venise.

J'ai commencé dans le mois d'août dernier un grand sondage sur la place Sancta-Maria-Formosa ; à 42 mètres de profondeur l'eau douce s'est élevée à 0^{m},50 du sol ; à 55 mètres, une seconde nappe a jailli au-dessus du sol, le sondage qui a 0^{m},40 de diamètre, est aujourd'hui à 75 mètres, et je compte traverser tous les arénassements de ce grand atterrissement qui peut avoir une puissance de 300 mètres, avant de joindre le terrain tertiaire subapennin.

TRAVAUX DES DIFFÉRENTS SONDEURS.

Mon intention étant de rendre aussi complète que possible l'indication des localités où des sondages ont amené les résultats cherchés, je vais énumérer les succès obtenus par différents ingénieurs et sondeurs, tant dans les contrées que j'ai explorées moi-même, que dans celles où je n'ai pas encore été appelé.

SEINE.

En 1816, les eaux du puits de la maison de campagne du collége de Sainte-Barbe, à Gentilly, ayant manqué, un sondage de 10 mètres ramena du milieu des glaises une source d'eau abondante.

M. Durup de Baleine obtint, en 1818, un résultat analogue.

En 1818, M. Hétrel le Pecqueux, sondeur, obtint, à 24 mètres de profondeur, une source jaillissante, provenant des sables superposés par le terrain d'eau douce. Dix ou douze ans plus tard, MM. les ingénieurs Flachat frères, rencontrèrent, à 60 et 70 mètres, à Saint-Denis et à Saint-Ouen, des eaux jaillissantes dont on a fait des fontaines qui embellissent ces deux localités.

En 1827, Mme la marquise de Grollier, n'ayant dans ses propriétés à Épinay, que des eaux dures et sulfureuses, comme toutes celles des puits de Montmorency, d'Enghien et des environs, fit faire par M. Mulot, serrurier-mécanicien à Épinay, deux puits artésiens. Le premier a 54 mètres de profondeur et donne de l'eau qui se tient à 4m,55 au-dessous du sol, et à 11m,95 au-dessus de la Seine. Le second a 67 mètres de profondeur et donne de l'eau qui est montée à 0m,33 au-dessous du sol, c'est-à-dire à 16m,50 au-dessus de la Seine. Le même sondeur a poussé, chez M. de Rothschild, un sondage à 167 mètres de profondeur. La craie y a été atteinte à 40 mètres, sous des sables et argiles plastiques. M. Mulot a fait encore d'autres sondages dans les environs. Enfin, tout le monde connaît aujourd'hui le magnifique résultat qu'il a obtenu

à Paris à la profondeur de 547 mètres, sous la craie. C'est aux savantes prévisions de M. Héricart de Thury et de M. Arago que l'on doit le beau jet d'eau de l'abattoir de Grenelle, qui distribue dans différents quartiers de la capitale des eaux claires et d'une douce température. C'est en même temps à leurs encouragements que l'on doit la connaissance de la profondeur du bassin crayeux sous Paris.

SEINE-ET-OISE.

Un sondage a été fait, en 1757, à Château-Fragnier, par un sondeur de Saint-Omer; les eaux se sont élevées avec impétuosité jusqu'à 3 mètres au-dessus du sol, de la profondeur de 20 mètres où la sonde les avait rencontrées.

Sous le règne de Louis XVI, un sondage a été fait par un sondeur d'Artois dans le parc de Rambouillet; il a atteint la craie dont 20 mètres furent entamés. A cette profondeur, l'eau a jailli au-dessus de la surface du sol.

Deux sondages ont été faits vers 1827 dans la papeterie d'Echarcon sur l'Essonne, et les travaux exécutés dans la rivière même ont eu pour résultat des eaux jaillissantes à 1 mètre au-dessus de ce cours d'eau.

SEINE-ET-MARNE.

Messieurs Dufour et Forbras ont fait, à la papeterie de Courtalin sur le Morin, et à celle de Sainte-Marie près Coulommiers, chacun un puits dont les eaux sont jaillissantes à Sainte-Marie, et ascendantes seulement à Courtalin; ces sources intarissables et pures sont l'une et l'autre d'un immense avantage pour la fabrication des papiers.

OISE.

Ce département offre de nombreux exemples d'eaux remontantes, contenues dans les fissures de la surface de la craie par les couches argileuses ou marneuses du terrain tertiaire. M. Forbras

d'Amiens a obtenu à Beauvais un beau résultat, en 1822, dans la prison de cette ville.

Des eaux ascendantes ont été trouvées de même dans plusieurs maisons particulières de Beauvais.

Trois puits sont forés à Tracy-le-Mont près de Compiègne, à une profondeur de 35 à 36 mètres ; les eaux qu'ils ont atteintes proviennent non de la craie, mais des sables inférieurs du terrain tertiaire, et sont très abondantes à 50 ou 60 centimètres au-dessus de la surface du sol.

M. de la Garde fit, en 1814, forer trois puits artésiens par M. Forbras, dans le parc du château de Moustiers, canton de Saint-Just, près de Clermont, à l'endroit où l'Aronde prend sa source. Deux de ces puits ne sont qu'à deux mètres l'un de l'autre, et le troisième en est éloigné de 100 mètres. Ils ont tous les trois 25 à 26 mètres de profondeur, et ont coûté 500 francs chacun. Deux d'entr'eux sont aujourd'hui comblés par suite de leur mauvaise exécution, mais le troisième n'a pas offert de variation ; il fournit, à 2 mètres du sol, un courant d'eau qui alimente une rivière que M. de la Garde a fait creuser et qui va ensuite se jeter dans l'Aronde, à 2^{m},60 plus bas. Ces puits ont traversé dans leur percement, 1° 6 mètres de terre et de limon, 2° 0^{m},60 d'argiles, 3° 18 à 20 mètres de craie.

AISNE.

C'est aux instances et aux pressantes sollicitations de M. Coquerel, ingénieur des mines, que ce département doit les premiers puits qui y ont été forés. MM. Samuel et Joly les ont introduits à Saint-Quentin. Trois puits furent forés dans cette ville par des sondeurs artésiens ; ils ont une profondeur de 20 à 25 mètres dans la craie et montent leurs eaux au-dessus de la surface du sol.

Un grand nombre de puits de Saint-Quentin ne sont autre chose aujourd'hui que des puits artésiens.

EURE.

MM. Davillers firent exécuter à Gisors, par MM. Beurrier, sondeurs d'Abbeville, huit puits artésiens de 9 à 10 mètres de profondeur ; tous ont donné des eaux provenant de la craie, et jaillissantes au-dessus de la rivière d'Epte.

M. Mulot a aussi obtenu de beaux résultats dans la même localité.

EURE-ET-LOIR.

Un sondage fait entre Chartres et Dreux, à la profondeur de 50 mètres, a donné des eaux jaillissantes.

M. Grignon d'Auzouer fit percer, en 1820, un puits au château de Champ-Romain, près de Châteaudun. Ce pays est à la limite des terrains d'eau douce et de la craie. Ce sondage a 25 mètres de profondeur ; arrivés à 24 mètres, les ouvriers furent effrayés du bruit du courant qu'ils entendirent sous leurs pieds ; ils percèrent avec précaution le dernier banc qui n'était pas encore traversé, et les eaux jaillirent avec une telle impétuosité qu'ils eurent à peine le temps de se faire remonter. Ce fait donne à présumer que, dans cette localité, des trous de sonde amèneraient les eaux au-dessus de la surface du sol.

M. Guillot, propriétaire de la papeterie du Mesnil-sur-l'Estrée, près de Dreux, ne pouvant utiliser les eaux de la rivière d'Avre, a percé un puits dans la craie à silex noir ; l'eau en a jailli avec impétuosité.

LOIRET.

M. Levrier de Lisle fit faire, en 1805, un puits artésien dans sa propriété de Bruges, pour avoir des eaux limpides, et qui n'eussent pas les inconvénients de celles du Loing et du Molasson. Après 5 mètres de terre végétale et d'atterrissements, la sonde a traversé 18 mètres de calcaire marneux, coupé de couches de silex ; à la profondeur de 22 mètres, la sonde a subitement fait jaillir à $1^m,35$

au-dessus du sol une eau limpide très abondante, mais fortement sulfurée.

En 1828, MM. Flachat frères ont entrepris un sondage chez M. Benoît Latour. La sonde a traversé le terrain d'eau douce jusqu'à la profondeur de 34 mètres; là, on a reconnu une nappe stationnaire qui n'a manifesté aucune ascension.

SEINE-INFÉRIEURE.

Le manque général de sources ou fontaines et la profondeur des puits de toutes les hautes plaines du département de la Seine-Inférieure, entre Rouen, Fécamp, Saint-Valery, Dieppe, Tréport, Aumale, Gournay, etc., y font vivement sentir la nécessité des puits forés. Il est difficile de déterminer la profondeur à laquelle devraient être poussés les sondages pour obtenir des eaux jaillissantes; car l'épaisseur de la craie varie suivant la hauteur des plaines qui sont au-dessus des bassins et vallées de la Seine et de l'Andelle, de l'Arques, de la Béthune, de l'Eaulne et sur les deux grandes pentes de cette longue crête de terrains élevés, qui s'étendent depuis la mer, au-dessous du Havre et d'Yvetot, jusqu'à Forges, Gaillefontaine, Aumale et au-delà.

De Rouen au Havre, l'on voit les parties inférieures de la masse de craie, la craie tuffeau et la craie glauconie. Dans les fouilles du théâtre du Havre, on a reconnu, sous la craie, les argiles et les marnes argilo-calcaires qui précèdent les calcaires coquillers lumachelles. Les vallées de l'Arques, de la Béthune et de l'Eaulne, encaissées dans des côtes crayeuses plus ou moins élevées, présentent des sources de fond, souvent très abondantes, qui remontent de dessous la craie. Enfin, des recherches de houille ont été faites, de 1795 à 1805, entre les communes de Saint-Nicolas, d'Aliermont, de Dampierre et de Meulers, à 15 kilomètres à l'est de Dieppe, au-dessus de la forêt d'Arques : elles ont fait connaître sept grandes nappes d'eau ascendantes très abondantes.

Les terrains traversés sont :

1° Terre végétale.	1m,624
2° Argiles plastiques, terres lignites, pyrites et sables.	24 ,363
3° Craie blanche, craie tuffeau, craie chloritée . .	74 ,713
4° Argiles, marnes, lumachelles, marnes pyriteuses.	76 ,338
5° Calcaires coquillers spathiques avec calcaires pyriteux, terres noires pyriteuses et sables argileux coquillers.	34 ,758
6° Marnes argileuses dures ou calcaires compactes.	15 ,592
7° Calcaire spathique, lamelleux et coquiller, alternant avec du calcaire compacte	24 ,363
8° Argiles grises avec couches de calcaire grenu à grains fins, tantôt compacte, tantôt spathique ou coquiller	24 ,363
9° Marnes argileuses dures, grises, coquillères, alternant avec des argiles noires, feuilletées, un peu schisteuses	11 ,369
10° Calcaire argileux grenu et calcaire à grains spathiques avec grands fragments de coquilles. .	23 ,348
11° Argile et calcaire argileux compacte	22 ,360
	333m,191

1re nappe d'eau	de. . .	25 à 30 mètres.	
2e —	à. . .	100 mètres environ.	
3e —	de. . .	175 à 180	—
4e —	de. . .	210 à 215	—
5e —	à. . .	250	—
6e —	à. . .	287	—
7e —	à. . .	333m,91	

Cette dernière nappe était tellement abondante, qu'en 36 heures tous les travaux de mines furent entièrement inondés. Les machines à vapeur les plus puissantes n'ont pu produire l'abaissement du niveau de ces eaux, et les recherches ont été abandonnées. Ce fait, que nous extrayons de l'ouvrage de M. Héricart de

Thury, prouve que, dans les plaines crayeuses de la Seine-Inférieure, de l'Aisne, de l'Eure, de l'Oise, de la Somme, de l'Aube, etc., l'on peut rationnellement faire des sondages.

Les puits artésiens d'Elbeuf, exécutés par M. Mulot, donnent des eaux jaillissantes provenant du dessous de la craie.

DÉPARTEMENT DU PAS-DE-CALAIS.

Ce département, auquel nous devons les premiers puits artésiens, en possède un grand nombre; leurs eaux proviennent des parties supérieures de la masse crayeuse. Ils sont employés avantageusement à différents usages, entre autres, aux irrigations, et à la mise en mouvement de différentes machines. Une grande partie de ces puits forés ont été exécutés par MM. Kerlin, Vassal, Segard et Gamet, qui, de temps immémorial, se succèdent dans ce genre intéressant de travaux.

ARDENNES ET MOSELLE.

Dans le département de la Moselle, un sondage entrepris à Creutzwad, pour la recherche de la houille, a donné, à la profondeur de 60 mètres, des eaux jaillissantes provenant des fissures du grès rouge.

Avant le sondage de Donchery, que je fais exécuter en ce moment, l'on avait fait près de Mézières un sondage pour la recherche de la houille; à la base du lias à gryphites, la sonde a rencontré, dans une couche de graviers, une eau limpide qui s'élève à $0^{m},50$ au-dessus du sol ou à 4 mètres au-dessus de la Meuse; elle contient $2\frac{1}{4}$ de sel pour 100 parties d'eau. La présence de sources salées dans le département des Ardennes est un des indices qui ont conduit M. l'ingénieur Sauvage à conseiller le sondage de Donchery.

ALLIER.

L'on trouve, dans un rapport fait par M. le marquis de Saint-

Georges à la Société d'agriculture de Moulins, les détails suivants sur les sondages entrepris dans le département de l'Allier :

Le premier sondage, fait par l'association du département de l'Allier, a été entrepris dans le jardin de la Pépinière de Moulins; après avoir traversé des argiles et calcaires lacustres et des argiles vertes et bleues, l'on a obtenu, à 66 mètres de profondeur, des eaux sulfureuses jaillissantes dont le niveau s'est fixé à 2^{m},60 au-dessus de la surface du sol.

Un second sondage a été fait chez M. Descolombiers, au château de Pontlung, à 5 kilomètres de Bourbon-Lancy, sur la route de Cérilly, sur un plateau entouré de tous côtés de vallées peu étendues, mais assez profondes. Toute cette partie du canton de Bourbon jusqu'à Cérilly manque presque généralement d'eau potable. Ce sondage a été suspendu à la profondeur de 90 mètres, après avoir traversé des argiles rouges et bleues, sans autre couche; j'ignore s'il a été repris.

M. le comte de Ballore a fait faire en 1828, à la Gour, entre Moulins et Saint-Pourçain, un sondage par M. Gamet. Le jardin du château où ce puits a été foré, est au pied d'une côte très élevée entièrement plantée de vignes, dans lesquelles on trouve quelques faibles sources naturelles, communément à sec pendant l'été. La Sioule, qui passe à 20 mètres au-dessous du jardin, se jette dans l'Allier à 1 kilomètre de distance environ. A 29 mètres de profondeur, sous des marnes calcaires grises, bleues et verdâtres, une première nappe a jailli à la surface du sol. En continuant le percement dans les mêmes couches, l'on a rencontré une seconde nappe à 46^{m},28, qui a jailli à 1^{m},29 au-dessus du sol. Ce résultat ayant complétement satisfait le propriétaire, les travaux ont été arrêtés à cette profondeur.

M. de Ballore a fait forer ensuite d'autres puits artésiens qui ont présenté des résultats analogues.

VAR ET HÉRAULT.

L'on a trouvé, en faisant des recherches de terrain houiller dans

le département du Var, des eaux qui se sont élevées avec impétuosité dans les puits de mines. Contenues dans une colonne de tuyaux, ces eaux eussent peut-être jailli au-dessus du sol.

Un puits foré de 39^m,35, dit M. Héricart de Thury, fait en 1819, dans les environs de Montpellier, assure le succès de ceux qui y seront tentés à l'avenir, puisqu'il a été creusé sur un point très élevé au-dessus de cette ville. Après 5^m,30 de sables, la sonde a traversé 5^m,60 de calcaire, recouvrant 21^m,60 de schistes argileux, compactes et homogènes, au-dessous desquels on a reconnu des schistes grenus jusqu'à la profondeur de 36^m,20 : la sonde est entrée ensuite dans un banc de grès pourri ou de sable argileux, de 2^m,65, d'où les eaux ont jailli et remonté jusqu'à 34^m,65 de hauteur, ou 5^m,20 au-dessous de la surface du sol.

Les superpositions de terrain que présentent les environs de Montpellier, ne laissent aucun doute sur le succès que l'on y obtiendra dans le percement des puits forés. Dans quelques endroits, sous la terre végétale, l'on trouve une formation lacustre, d'une épaisseur très variable, qui est tantôt sur les schistes argileux, tantôt sur le calcaire ammonéen, et quelquefois sur le calcaire grossier à cérites. Le calcaire lacustre qui contient de nombreuses coquilles d'eau douce, avec des feuilles de végétaux, a, dans quelques endroits, plus de 100 mètres d'épaisseur.

PYRÉNÉES-ORIENTALES.

MM. Farel et Durand ont exécuté un grand nombre de sondages aux environs de Perpignan ; des sources nombreuses et abondantes, amenées par eux au-dessus du sol, sont employées aux irrigations.

M. Arago a fait connaître récemment le beau résultat obtenu en 23 jours de travail, sur une des places de la ville de Perpignan, par M. Fauvel.

CHAPITRE X.

TARIFS DES ENGINS ET OUTILS DE SONDAGE.

Emmanchements à vis en fer corroyé ayant pour la paire, la boîte et le tenon, de $0^m,60$ à un mètre de longueur ; le prix du kilog. est de 3 francs.

L'emmanchement	n° 1 pèse	22 kil.
—	n° 2 —	18
—	n° 3 —	14
—	n° 4 —	9
—	n° 5 —	6
—	n° 6 —	5

La portion de fer excédant les poids indiqués ci-dessus et qui se trouve dans une livraison se paye 1 fr. le kil.

Les tiges de sonde portant les numéros ci-dessus varient de longueur ; le carré du fer est de la grosseur de la portion non filetée des emmanchements.

Le prix des tiges, emmanchements compris,

							fr.	c.
De 7 à 8^m	de long. sur	$0^m,045$	de gross. à	$0^m,055$	est de		1	50
De 5 à 7^m	—	$0^m,033$	—	$0^m,045$	—		1	60
De 3 à 5^m	—	$0^m,026$	—	$0^m,045$	—		1	80
De 2 à 3^m	—	$0^m,022$	—	$0^m,045$	—		2	30
De 1^m	—	$0^m,018$	—	$0^m,045$	—		3	»

Des tiges de bois ferrées dans toute leur longueur se payent 20 francs le mètre courant.

Les tiges en fer creux, 25 francs le mètre courant;

Les têtes de sonde à anneau et œil, à anneau simple ou à galet, 3 francs le kil.

Les pieds-de-bœuf et autres clefs de relevée, à 3 francs le kil.

Les griffes ou clefs de retenue, 2 fr. 50 c. le kil.

Les tourne-à-gauche, 2 fr. le kil.

Les manches à vis de pression, à coin, ou à charnière, ou à clavettes, 3 fr. le kil.

Tarières ouvertes, 4 fr. le kil.

Tarières rubannées, 4 fr. le kil.

Soupapes à clapet et à mèche, 3 fr. 50 c. le kil.

Soupape à boulet et à langue, 3 fr. 50 c. le kil.

Soupape à boulet et à anse, 3 fr. le kil.

Trépans et outils pour traverser les roches, 3 fr. le kil.

Trépans en acier fondu avec lames de rechange, 5 fr. le kil.

Outils élargisseurs à vis ou à ressorts, 4 fr. le kil.

Outils raccrocheurs, simples, à vis ou à ressorts, 4 et 5 fr. le kil.

Outils pour couper ou retirer les tuyaux, avec toutes les pièces de rechange, 4 et 5 fr. le kil.

Outils vérificateurs des terrains traversés, 4 fr. le kil.

Ferrures de chèvre, poulies, arbres, ferrures de levier, poupées mobiles, 2 fr. et 2 fr. 50 c. le kil.

Coulisse désarticulante dite d'Œynhausen, 5 fr. le kil.

Câbles en chaîne, chaînes de débrayage, 2 fr. le kil.

Treuils à engrenage simple ou double, à coussinets mobiles, à came ou à débrayage, 1 fr. 80 c. et 2 fr. le kil. Le poids des treuils varie de 300 à 2,000 kil.

Outils spéciaux pour des cas exceptionnels, de 4 à 6 fr. le kil., suivant leur complication.

Tuyaux en tôle rivée avec frettes, suivant le diamètre, 1 fr. 80 c. à 2 fr. le kil.

Tuyaux en fer galvanisé, étiré, 2 fr. le kil.

Tuyaux en cuivre rouge, 4 fr. le kil.

Tuyaux en bois de chêne, de 12 à 24 fr. le mètre courant suivant le diamètre.

Outils pour river les tuyaux pendant leur descente, 2 fr. 50 c. le kil.

Les sondes suivant les numéros, les longueurs et les diamètres, varient de prix et de poids.

N° 1	de 300 à 500	mètres,	5	diamèt.,	de 18,000 à 25,000 fr.	
N° 2	de 150 à 300	—	4	—	9,000 à 15,000	
N° 3	de 60 à 150	—	2	—	1,000 à 4,000	
N° 4	de 50 à 100	—	2	—	600 à 2,000	
N° 5	de 30 à 60	—	1	—	350 à 560	
N° 6	de 10 à 30	—	1	—	230 à 450	

Les grands équipages de sonde ne peuvent généralement être livrés qu'un ou deux mois après la commande. Les moyens quinze jours après et les petits dans la huitaine; dans ces délais ne sont pas compris le temps nécessaire à l'emballage et à la mise en caisse.

La sonde à tiges creuses avec corde en fil de fer propre à descendre à 7 òu 800 mètres, ayant cinq colonnes de tubes de retenue, et tous les outils des diamètres correspondants, varie de 25 à 40,000 francs. Avec ce système, l'on peut sans témérité, entreprendre un sondage de 1,000 mètres et au-delà. Je comprends dans cette livraison une machine à vapeur de la force de six à huit chevaux, avec sa chaudière et tous les accessoires, sauf le fourneau et la cheminée, qui ne peuvent être construits que sur place et dont on peut se dispenser en employant les nouvelles chaudières de M. Belay.

Des conditions de Sondage pour l'établissement des puits artésiens, des boit-tout et des recherches de mines.

Jusqu'à présent j'ai eu, ainsi que les autres entrepreneurs de sondages, plusieurs modes de traités ; les principaux sont :

1° Le traité *à la journée*. Les ouvriers, dans ce cas, sont placés, pour l'emploi de leur temps, sous la surveillance du propriétaire ou de l'administration pour le compte desquels les travaux s'exécutent, et le conducteur du sondage leur remet, chaque semaine, un extrait de son journal détaillant l'emploi du temps et le travail fait.

La journée de travail est de *onze heures*, non compris le temps des repas ; lorsque le travail doit être continué de jour et de nuit, le travail de nuit se paye comme celui de jour.

Le nombre d'ouvriers est au moins de cinq et va jusqu'à dix ; lorsque ce nombre doit être dépassé, je substitue à la force humaine une machine à vapeur, et le nombre des ouvriers n'est plus alors que de trois par brigade, sans compter le directeur ou conducteur.

L'équipage de sonde à envoyer sur les lieux est composé d'après la nature des terrains à forer et contient plusieurs diamètres d'outils et de tuyaux ; son poids varie de 3,000 à 15,000 kilogrammes, suivant l'importance du forage à exécuter.

Les transports de l'équipage de sonde et du personnel sont à la charge du propriétaire pour l'aller et le retour. L'on n'envoie que le conducteur et un ou deux sondeurs expérimentés ; les autres ouvriers sont des manœuvres pris dans le pays.

Si le sondage a lieu sur une place publique, ou dans un endroit non clos, les frais de clôture et de couverture de l'atelier de sondage sont à la charge du propriétaire.

Le traité pour les transports et la clôture peut être fait à prix fixé d'avance.

Le prix de journée, comprenant la paye des ouvriers, la fourni-

ture, l'entretien et le renouvellement du matériel de sonde, est de

30 fr. du sol à 50 mètres de profondeur.					
35 fr. de	50 mètres	à 100 mètres de profondeur.			
40 fr. de 100	—	à 150	—	—	
48 fr. de 150	—	à 200	—	—	
56 fr. de 200	—	à 250	—	—	
64 fr. de 250	—	à 300	—	—	
72 fr. de 300	—	à 350	—	—	
80 fr. de 350	—	à 400	—	—	
90 fr. de 400	—	à 450	—	—	
100 fr. de 450	—	à 500	—	—	
115 fr. de 500	—	à 550	—	—	
et 130 fr. de 550	—	à 600	—	—	

Lorsque, par hasard, cette profondeur est atteinte sans que le résultat cherché soit complétement obtenu, on pose les bases d'un nouveau traité, suivant la nature de la formation dans laquelle le sondage est parvenu et les modifications à apporter dans l'atelier.

Les journées de travail se payent le premier de chaque mois.

Les travaux commencés se continuent sans interruption ; lorsque le propriétaire ordonne une suspension, il doit, pendant tout le temps que le personnel et le matériel restent inactifs chez lui, une indemnité de chômage de 15 fr. par jour, si le sondage a moins de 200 mètres de profondeur; cette indemnité est de 20 fr. de 200 à 300 mètres, et de 25 fr. dès que cette dernière profondeur est atteinte ; l'indemnité représente l'intérêt de la valeur du matériel sur place, le traitement du conducteur et de son aide qui sont des employés à l'année.

Peu de sondages peuvent s'exécuter sans l'emploi d'une ou de plusieurs colonnes de tuyaux de retenue.

Les tuyaux en tôle varient d'épaisseur suivant leur diamètre ; ceux de $0^m,10$ ont $0^m,003$ d'épaisseur ; ceux de $0^m,30$ en ont

$0^m,004$, et ceux de $0^m,40$ ou $0^m,50$ en ont $0^m,005$; ce qui fait considérablement varier le prix du mètre courant.

La fourniture des tuyaux de retenue coûte 1 fr. 80 ou 2 fr. le kilogramme suivant le diamètre. Lorsqu'il n'est pas indispensable de les laisser dans le sondage après l'achèvement, ils sont repris à raison de 1 fr. 40 c. le kilogramme, ce qui réduit leur prix de location, en y comprenant la dépense de jonction, soit par rivets, soit par boulons, à 40 ou 60 c. le kilogramme.

Les tuyaux d'ascension à descendre dans les sondages entrepris pour recherche d'eau jaillissante ou pour puits absorbants sont de plusieurs natures.

1° Les tuyaux en cuivre rouge ; leur prix est de 4 francs le kilogramme, ce qui établit le mètre courant à 22 francs. 2° Les tuyaux en fer galvanisé étiré ; avec agrafe, le prix est de 2 francs ; ce qui établit le prix du mètre à 10 francs, les frettes comprises. 3° Les tuyaux en bois de chêne; frettés en fer, avec sabot aciéré à la base, le prix est de 12 à 24 francs le mètre courant, suivant le diamètre.

Outre le prix de journée et celui de location ou fourniture de tuyaux, il est dû une prime de 25 pour cent de la dépense totale, lorsque les eaux cherchées sont jaillissantes au-dessus du sol, ou lorsque la mine rencontrée est de nature à être exploitée, à moins que cette dernière n'ait été atteinte dans une concession déjà accordée par le gouvernement.

Lorsqu'un sondage est entrepris dans un grand puits déjà existant, dans une carrière, ou enfin dans toute position autre que la surface du sol, les dépenses de maçonnerie ou d'étrésillonnage sont payées en mémoire de dépense, et restent étrangères aux travaux de sondage.

Le mode de traiter à la journée est le plus équitable, en même temps qu'il est le plus économique pour les propriétaires. L'entrepreneur, ne courant pas de chances aléatoires, se contente d'un bénéfice faible, mais certain. Dans le second mode de traiter, au contraire, un entrepreneur expérimenté, admettant comme pro-

bables les difficultés qu'il peut rencontrer, calcule ses prix de manière à ce que, si des accidents ou des difficultés surviennent, il ait un prix assez élevé pour ne pas perdre ; mais, si le sondage marche sans obstacle, le prix devient alors trop élevé.

Le second mode de traité est celui au mètre d'approfondissement. Les prix varient suivant la nature des terrains à traverser, et suivant le diamètre de trou de sonde, que nécessite la profondeur qu'il faut atteindre pour obtenir le résultat cherché.

Les prix habituels varient pour les grands sondages, dans les proportions indiquées au tableau ci-après.

	Le moins.	Le plus.	En moyenne.
Du sol à 50 mètres de profondeur,	1,500 fr.	5,000 fr.	3,250 fr.
de 50 à 100 — —	2,500	6,500	4,500
de 100 à 150 — —	3,500	9,500	6,500
de 150 à 200 — —	5,000	12,500	8,750
de 200 à 250 — —	7,000	18,000	12,500
de 250 à 300 — —	9,000	22,000	15,500
de 300 à 350 — —	11,000	26,000	18,500
de 350 à 400 — —	13,000	30,000	25,000
de 400 à 450 — —	16,000	40,000	28,000
de 450 à 500 — —	20,000	50,000	35,000
de 500 à 550 — —	30,000	60,000	45,500
de 550 à 600 — —	40,000	70,000	55,000

Ce qui établit qu'un forage de 600 mètres, dans des terrains faciles, tels que la craie, coûterait. 158,500

Dans les assises des formations secondaires, pour recherches de houilles ou de sel gemme 255,000

Dans des terrains offrant les plus grandes difficultés. 349,500

En cas de suspension des travaux par la volonté du propriétaire, l'indemnité de chômage est due, comme pour le mode à la journée.

Le temps employé à descendre ou à remonter les colonnes de

tuyaux est fixé contradictoirement avec le propriétaire, ou se paye aux prix de journées détaillés au mode de traité précédent.

Les locations et fournitures de tuyaux sont faites aux mêmes conditions qu'au travail à la journée; la prime de 25 pour 100, en cas de succès, est également due.

Le traité au mètre étant une espèce de forfait, les cas de résiliation sans diminution de prix sur la profondeur atteinte, sont généralement admis. Sans cela, l'entrepreneur pourrait se ruiner, sans aucun avantage pour le propriétaire. Ces cas sont:

1° Le cas de rencontre de roches tellement dures que la sonde ne puisse faire 1 mètre en 15 jours, à la profondeur de moins de 200 mètres en 20 jours, de 200 à 300 mètres, et en un mois de 300 mètres et au-delà.

2° Dans le cas de rupture d'un outil, ou de déchirure de tuyaux, si l'accident ne peut être réparé après un mois d'un travail assidu de jour et de nuit.

Les délais ci-dessus indiqués ne doivent courir, en faveur de l'entrepreneur, que du jour où son conducteur a prévenu par écrit le propriétaire de l'accident arrivé, et de son intention d'user des réserves mentionnées ci-dessus. Ces délais écoulés, le propriétaire reste maître d'exiger la continuation du forage, en payant, pour le temps où les difficultés continuent, les prix de journées mentionnés au premier mode.

Ces cas de résiliation se rencontrent assez souvent, sans que l'entrepreneur s'en prévale, et pour mon compte, quoique les traités au mètre d'approfondissement m'aient fait perdre dans plus de trente sondages, je n'ai usé que deux fois de la faculté de résiliation que je m'étais réservée.

Pour les sondages d'exploration ou d'étude, le prix de forage au mètre varie de 3 à 15 francs, suivant la nature du terrain à traverser.

Le troisième mode de traité est le mode *mixte*; c'est celui qui est le plus généralement adopté par les communes, qui se fixent

ainsi sur le prix maximum de dépense et conservent la probabilité d'une économie si les travaux sont exécutés sans trop de difficultés et sans accident. Ainsi, une commune et un propriétaire voulant être fixés sur la dépense à faire pour une profondeur donnée, choisissent, dès le principe, le mode de forage au mètre d'approfondissement, avec réserve, en fin de travail, d'opter pour le mode à la journée, à charge par eux de partager par moitié avec l'entrepreneur l'économie que leur procurera cette option. Prenons, pour exemple, un sondage de 100 mètres, convenu au prix de 8,000 francs ; ce sondage a été fait en cinq mois : 60 journées à 30 francs l'une, pour les 50 premiers mètres, et 90 journées à 35 francs l'une, pour les 50 mètres suivants, n'auraient coûté, en tout, que 4,950 francs ; l'économie est donc de 3,050 francs, dont moitié revient à l'entrepreneur. Ce mode partage les chances aléatoires que présentent généralement les forages au mètre d'approfondissement.

Des propriétaires veulent quelquefois faire eux-mêmes leurs sondages, sans pour cela acquérir le matériel nécessaire, et louent à tant par jour un conducteur et un équipage. Les prix varient suivant l'importance du travail : ainsi, pour une petite sonde d'exploration, le prix est de 10 francs par jour, compris le traitement du sondeur ; pour une sonde de 30 à 60 mètres, le prix est de 15 fr. ; pour une de 60 à 150 mètres, le prix est de 20 fr. Passé cette profondeur, le prix varie suivant la nature des terrains, et se traite de gré à gré. L'entretien et la réparation du matériel sont à la charge du locataire, ainsi que les frais de transport pour l'aller et le retour. Les outils perdus ou hors de service se payent aux prix du tarif, sous une déduction proportionnelle des sommes reçues pour prix de location.

CHAPITRE XI.

LÉGISLATION.

Loi du 21 avril 1810 sur les mines. — Loi du 17 juin 1840 sur le sel. — Ordonnance du 7 mars 1841 sur le sel. — Loi du 29 avril 1845 sur les irrigations.

La connaissance des lois et ordonnances qui règlent les mines, carrières, etc., nous a semblé indispensable aux personnes qui veulent entreprendre des sondages, soit pour des recherches d'eaux souterraines, ou pour rechercher des gisements; à cet effet, nous les avons réunies ici dans un chapitre spécial.

LOI DU 21 AVRIL 1810 SUR LES MINES.

TITRE PREMIER.

DES MINES, MINIÈRES ET CARRIÈRES.

Art. 1er. Les masses de substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre ou existantes à la surface, sont classées, relativement aux règles de l'exploitation de chacune d'elles, sous les trois qualifications de mines, minières et carrières.

2. Seront considérées comme mines, celles connues pour contenir en filons, en couches ou en amas, de l'or, de l'argent, du platine, du mercure, du plomb, du fer en filons ou couches, du cuivre, de l'étain, du zinc, de la calamine, du bismuth, du cobalt, de l'arsenic, du manganèse, de l'antimoine, du molybdène, de la plombagine, ou autres matières métalliques; du soufre, du charbon de terre ou de pierre, du bois fossile, des bitumes, de l'alun et des sulfates à base métallique.

3. Les minières comprennent les minerais de fer dits d'alluvion, les terres pyriteuses propres à être converties en sulfate de fer, les terres alumineuses et les tourbes.

4. Les carrières renferment les ardoises, les grès, pierres à bâtir et autres; les marbres, granits, pierres à chaux, pierres à plâtre; les pouzzolanes, les stras, les basaltes, les laves, les marnes, craies, sables, pierres à fusil, argiles, kaolin, terres à foulon, terres à poterie; les substances terreuses et les cailloux de toute nature, les terres pyriteuses regardées comme engrais, le tout exploité à ciel ouvert ou avec des galeries souterraines.

TITRE II.

DE LA PROPRIÉTÉ DES MINES.

5. Les mines ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'un acte de concession délibéré en conseil d'État.

6. Cet acte règle les droits des propriétaires de la surface sur le produit des mines concédées.

7. Il donne la propriété perpétuelle de la mine, laquelle est dès lors disponible et transmissible comme tous autres biens, et dont on ne peut être exproprié que dans les cas et selon les formes prescrites pour les autres propriétés, conformément au Code civil et au Code de procédure civile.

Toutefois, une mine ne peut être vendue par lots, ou partagée sans une autorisation préalable du gouvernement, donnée dans la même forme que la concession.

8. Les mines sont immeubles. Sont aussi immeubles, les bâtiments, machines, puits, galeries et autres travaux établis à demeure, conformément à l'art. 524 du Code civil.

Sont aussi immeubles par destination, les chevaux, agrès, outils et ustensiles servant à l'exploitation.

Ne sont considérés comme chevaux attachés à l'exploitation, que ceux qui sont exclusivement attachés aux travaux intérieurs des mines.

Néanmoins les actions ou intérêts dans une société ou entreprise pour l'exploitation des mines, seront réputés meubles, conformément à l'art. 529 du Code civil.

9. Sont meubles les matières extraites, les approvisionnements et autres objets mobiliers.

TITRE III.

DES ACTES QUI PRÉCÈDENT LA DEMANDE EN CONCESSION DE MINES.

SECTION PREMIÈRE.

De la recherche et de la découverte des mines.

10. Nul ne peut faire des recherches pour découvrir des mines, enfoncer des sondes ou tarières sur un terrain qui ne lui appartient pas, que du consentement du propriétaire de la surface, ou avec l'autorisation du gouvernement, donnée après avoir consulté l'Administration des mines, à la charge d'une préalable indemnité envers le propriétaire, et après qu'il aura été entendu.

11. Nulle permission de recherches, ni concession de mines ne pourra, sans le consentement formel du propriétaire de la surface, donner le droit de faire des sondages et d'ouvrir des puits ou galeries, ni celui d'établir des machines ou magasins dans les enclos murés, cours ou jardins, ni dans les terrains attenant aux habitations ou clôtures murées, dans la distance de cent mètres desdites clôtures ou habitations.

12. Le propriétaire pourra faire des recherches, sans formalité préalable, dans les lieux réservés par le précédent article, comme dans les autres parties de sa propriété, mais il sera obligé d'obtenir une concession avant d'y établir une exploitation. Dans aucun cas, les recherches ne pourront être autorisées dans un terrain déjà concédé.

SECTION II.

De la préférence à accorder pour les concessions.

13. Tout Français ou tout étranger naturalisé ou non en France, agissant isolément ou en société, a le droit de demander et peut obtenir, s'il y a lieu, une concession de mines.

14. L'individu ou la société doit justifier des facultés nécessaires pour

entreprendre et conduire les travaux, et des moyens de satisfaire aux redevances, indemnités qui lui seront imposées par l'acte de concession.

15. Il doit aussi, le cas arrivant de travaux à faire sous des maisons ou lieux d'habitation, sous d'autres exploitations ou dans leur voisinage immédiat, donner caution de payer toute indemnité, en cas d'accident : les demandes ou oppositions des intéressés seront, en ce cas, portées devant nos tribunaux et cours.

16. Le gouvernement, juge des motifs ou considérations d'après lesquels la préférence doit être accordée aux divers demandeurs en concession, qu'ils soient propriétaires de la surface, inventeurs ou autres.

En cas que l'inventeur n'obtienne pas la concession d'une mine, il aura droit à une indemnité de la part du concessionnaire; elle sera réglée par l'acte de concession.

17. L'acte de concession fait après l'accomplissement des formalités prescrites, purge, en faveur du concessionnaire, tous les droits des propriétaires de la surface et des inventeurs, ou de leurs ayants-droit, chacun dans leur ordre, après qu'ils ont été entendus ou appelés légalement, ainsi qu'il sera ci-après réglé.

18. La valeur des droits résultant en faveur du propriétaire de la surface, en vertu de l'art. 6 de la présente loi, demeurera réunie à la valeur de ladite surface, et sera affectée avec elle aux hypothèques prises par les créanciers du propriétaire.

19. Du moment où une mine sera concédée, même au propriétaire de la surface, cette propriété sera distinguée de celle de la surface, et désormais considérée comme propriété nouvelle, sur laquelle de nouvelles hypothèques pourront être assises, sans préjudice de celles qui auraient été ou seraient prises sur la surface ou la redevance, comme il est dit à l'article précédent.

Si la concession est faite au propriétaire de la surface, ladite redevance sera évaluée pour l'exécution dudit article.

20. Une mine concédée pourra être affectée, par privilége, en faveur de ceux qui, par acte public et sans fraude, justifieraient avoir fourni des fonds pour les recherches de la mine, ainsi que pour les travaux de construction ou confection de machines nécessaires à son exploitation, à la charge de se conformer aux art. 2,103 et autres du Code civil, relatifs aux priviléges.

21. Les autres droits de privilége et d'hypothèque pourront être acquis sur la propriété de la mine aux termes et en conformité du Code civil, comme sur les autres propriétés immobilières.

TITRE IV.

DES CONCESSIONS.

SECTION PREMIÈRE.

De l'obtention des concessions.

22. La demande en concession sera faite par voie de simple pétition adressée au préfet, qui sera tenu de la faire enregistrer à sa date sur un registre particulier, et d'ordonner les publications et affiches dans les dix jours.

23. Les affiches auront lieu pendant quatre mois, dans le chef-lieu du département, dans celui de l'arrondissement où la mine est située, dans le lieu du domicile du demandeur et dans toutes les communes dans le territoire desquelles la concession peut s'étendre; elles seront insérées dans les journaux du département.

24. Les publications des demandes en concession de mines auront lieu devant la porte de la maison commune et des églises paroissiales et consistoriales, à la diligence des maires, à l'issue de l'office, un jour de dimanche, et au moins une fois par mois pendant la durée des affiches. Les maires seront tenus de certifier ces publications.

25. Le secrétaire-général de la préfecture délivrera au requérant un extrait certifié de l'enregistrement de la demande en concession.

26. Les demandes en concurrence et les oppositions qui y seront formées seront admises devant le préfet jusqu'au dernier jour du quatrième mois, à compter de la date de l'affiche. Elles seront notifiées par des actes extra-judiciaires à la préfecture du département, où elles seront enregistrées sur le registre indiqué à l'art. 22. Les oppositions seront notifiées aux parties intéressées, et le registre sera ouvert à tous ceux qui en demanderont communication.

27. A l'expiration du délai des affiches et publications, et sur la preuve de l'accomplissement des formalités portées aux articles précédents, dans le mois qui suivra, au plus tard, le préfet du département, sur l'avis de l'ingénieur des mines, et après avoir pris des informations sur les droits et les facultés des demandeurs, donnera son avis et le transmettra au ministre de l'intérieur[1].

[1] Le ministère de l'intérieur réunissait alors ceux du commerce et des travaux publics. Toutes les fois que la loi renvoie au ministère de l'intérieur, cela ressort aujourd'hui du ministère des travaux publics.

28. Il sera définitivement statué sur la demande en concession par un décret délibéré en conseil d'État.

Jusqu'à l'émission du décret, toute opposition sera admissible devant le ministre de l'intérieur ou le secrétaire-général du conseil d'Etat ; dans ce dernier cas, elle aura lieu par une requête signée et présentée par un avocat au conseil, comme il est pratiqué pour les affaires contentieuses, et, dans tous les cas, elle sera notifiée aux parties intéressées.

Si l'opposition est motivée sur la propriété de la mine, acquise par concession ou autrement, les parties seront renvoyées devant les tribunaux et cours.

29. L'étendue de la concession *sera déterminée par l'acte de concession;* elle sera limitée par des points fixes pris à la surface du sol, et *passant par des plans verticaux*, menés de cette surface dans l'intérieur de la terre à une profondeur indéfinie, *à moins que les circonstances et les localités ne nécessitent un autre mode de limitation.*

30. Un plan régulier de la surface, en triple expédition, et sur une échelle de dix millimètres pour cent mètres, sera annexé à la demande.

Ce plan devra être dressé ou vérifié par l'ingénieur des mines, et certifié par le préfet du département.

31. Plusieurs concessions pourront être réunies entre les mains du même concessionnaire, soit comme individu, soit comme représentant une compagnie ; mais à la charge de tenir en activité l'exploitation de chaque concession.

SECTION II.

Des obligations des propriétaires de mines.

32. L'exploitation des mines n'est pas considérée comme un commerce, et n'est pas sujette à patente.

33. Les propriétaires de mines sont tenus de payer à l'Etat une redevance fixe et une redevance proportionnelle au produit de l'extraction.

34. La redevance fixe sera annuelle et réglée d'après l'étendue de celle-ci; elle sera de 10 francs par kilomètre carré.

La redevance proportionnelle sera une contribution annuelle, à laquelle les mines seront assujetties sur leurs produits.

35. La redevance proportionnelle sera réglée, chaque année, par le budget de l'Etat, comme les autres contributions publiques ; toutefois elle ne pourra jamais s'élever au-dessus de cinq pour cent du produit net. Il pourra être fait un abonnement pour ceux des propriétaires des mines qui le demanderont.

36. Il sera imposé en sus un décime pour franc, lequel formera un fond de non valeur, à la disposition du ministre de l'intérieur, pour dégrèvement en faveur des propriétaires des mines qui éprouveront des pertes ou accidents.

37. La redevance proportionnelle sera imposée et perçue comme la contribution foncière.

Les réclamations à fin de dégrèvement ou de rappel à l'égalité proportionnelle seront jugées par les conseils de préfecture. Le dégrèvement sera de droit quand l'exploitant justifiera que la redevance excède cinq pour cent du produit net de son exploitation.

38. Le gouvernement accordera, s'il y a lieu, pour les exploitations qu'il en jugera susceptibles, et par un article de l'acte de concession, ou par un décret spécial délibéré en conseil d'Etat pour les mines déjà concédées, la remise en tout ou partie du payement de la redevance proportionnelle, pour le temps qui sera jugé convenable, et ce, comme encouragement, en raison de la difficulté des travaux. Semblable remise pourra aussi être accordée comme dédommagement, en cas d'accident de force majeure qui surviendrait pendant l'exploitation.

39. Le produit de la redevance fixe et de la redevance proportionnelle formera un fond spécial, dont il sera tenu un compte particulier au trésor public, et qui sera appliqué aux dépenses de l'administration des mines, et à celles de recherches, ouvertures et mises en activité des mines nouvelles ou rétablissement des mines anciennes.

40. Les anciennes redevances dues à l'Etat, soit en vertu des lois, ordonnances ou règlements, soit d'après les conditions énoncées en l'acte de concession, soit d'après des baux et adjudications au profit de la régie du domaine, cesseront d'avoir cours à compter du jour où les redevances nouvelles seront établies.

41. Ne sont pas comprises dans l'abrogation des anciennes redevances celles dues à titre de rentes, droits et prestations quelconques, pour cession de fonds ou autres causes semblables, sans déroger toutefois à l'application des lois qui ont supprimé les droits féodaux.

42. Le droit attribué par l'art. 6 de la présente loi aux propriétaires de la surface, sera réglé à une somme déterminée par l'acte de concession.

43. Les propriétaires de mines sont tenus de payer les indemnités dues au propriétaire de la surface sur le terrain duquel ils établiront leurs travaux.

Si les travaux entrepris par les explorateurs ou par les propriétaires de mines ne sont que passagers, et si le sol où ils ont été faits peut être mis en culture au bout d'un an, comme il l'était auparavant, l'indemnité sera réglée au double de ce qu'aurait produit net le terrain endommagé.

44. Lorsque l'occupation des terrains pour la recherche ou les travaux des mines, prive les propriétaires du sol de la jouissance ou du revenu au-delà du temps d'une année, ou lorsqu'après les travaux les terrains ne sont plus propres à la culture, on peut exiger des propriétaires des mines l'acquisition des terrains à l'usage de l'exploitation. Si le propriétaire de la surface le requiert, les pièces de terre trop endommagées ou dégradées sur

une trop grande partie de leur surface, devront être achetées en totalité par le propriétaire de la mine.

L'évaluation du prix sera faite, quant au mode, suivant les règles établies par la loi du 16 septembre 1807, sur le desséchement des marais, etc., titre XI ; mais le terrain à acquérir sera toujours estimé au double de la valeur qu'il avait avant l'exploitation de la mine.

45. Lorsque, par l'effet du voisinage ou par toute autre cause, les travaux d'exploitation d'une mine occasionnent des dommages à l'exploitation d'une autre mine, à raison des eaux qui pénètrent dans cette dernière en plus grande quantité ; lorsque, d'un autre côté, ces mêmes travaux produisent un effet contraire, et tendent à évaquer tout ou partie des eaux d'une autre mine, il y aura lieu à indemnité d'une mine en faveur de l'autre. Le règlement s'en fera par experts.

46. Toutes les questions d'indemnités à payer par les propriétaires de mines, à raison des recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession, seront décidées conformément à l'art. 4 de la loi du 28 pluviôse an 8.

TITRE V.

DE L'EXERCICE DE LA SURVEILLANCE SUR LES MINES PAR L'ADMINISTRATION.

47. Les ingénieurs des mines exerceront, sous les ordres du ministre de l'intérieur et des préfets, une surveillance de police pour la conservation des édifices et la sûreté du sol.

48. Ils observeront la manière dont l'exploitation sera faite, soit pour éclairer les propriétaires sur ses inconvénients ou son amélioration, soit pour avertir l'administration des vices, abus ou dangers qui s'y trouveraient.

49. Si l'exploitation est restreinte ou suspendue de manière à inquiéter sur la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, les préfets, après avoir entendu les propriétaires, en rendront compte au ministre de l'intérieur, pour y être pourvu ainsi qu'il appartiendra.

50. Si l'exploitation compromet la sûreté publique, la conservation des puits, la solidité des travaux, la sûreté des ouvriers mineurs ou des habitations de la surface, il y sera pourvu par le préfet, ainsi qu'il est pratiqué en matière de grande voirie et selon les lois.

TITRE VI.

DES CONCESSIONS OU JOUISSANCES DES MINES ANTÉRIEURES A LA PRÉSENTE LOI.

§ Ier. — Des anciennes concessions en général.

51. Les concessionnaires antérieurs à la présente loi deviendront, du jour de sa publication, propriétaires incommutables, sans aucune formalité préalable d'affiches, vérification de terrain ou autres préliminaires, à la charge seulement d'exécuter, s'il y en a, les conventions faites avec les propriétaires de la surface, et sans que ceux-ci puissent se prévaloir des art. 6 et 42.

52. Les anciens concessionnaires seront, en conséquence, soumis au payement des contributions, comme il est dit à la section 2 du titre IV, art. 33 et 34, à compter de l'année 1811.

§ II. — Des exploitations pour lesquelles on n'a pas exécuté la loi de 1791.

53. Quant aux exploitants de mines qui n'ont pas exécuté la loi de 1791, et qui n'ont pas fait fixer, conformément à cette loi, les limites de leurs concessions, ils obtiendront les concessions de leurs exploitations actuelles, conformément à la présente loi; à l'effet de quoi les limites de leurs concessions seront fixées sur leurs demandes ou à la diligence des préfets, à la charge seulement d'exécuter les conventions faites avec les propriétaires de la surface, et sans que ceux-ci puissent se prévaloir des art. 6 et 42 de la présente loi.

54. Ils payeront en conséquence les redevances comme il est dit à l'art. 52.

55. En cas d'usages locaux ou d'anciennes lois qui donneraient lieu à la décision de cas extraordinaires, les cas qui se présenteront seront décidés par les actes de concession ou par les jugements de nos cours et tribunaux, selon les droits résultants, pour les parties, des usages établis, des prescriptions légalement acquises, ou des conventions réciproques.

56. Les difficultés qui s'élèveraient entre l'administration et les exploitants, relativement à la limitation des mines, seront décidées par l'acte de concession.

A l'égard des contestations qui auraient lieu entre des exploitants voisins, elles seront jugées par les tribunaux et cours.

TITRE VII.

RÈGLEMENT SUR LA PROPRIÉTÉ ET L'EXPLOITATION DES MINIÈRES ET SUR L'ÉTABLISSEMENT DES FORGES, FOURNEAUX ET USINES.

SECTION PREMIÈRE.

Des minières.

57. L'exploitation des minières est assujettie à des règles spéciales.

Elle ne peut avoir lieu sans permission.

58. La permission détermine les limites de l'exploitation et les règles sous les rapports de sûreté et de salubrité publique.

SECTION II.

De la propriété et de l'exploitation des minerais de fer d'alluvion.

59. Le propriétaire du fonds sur lequel il y a du minerai de fer d'alluvion, est tenu d'exploiter en quantité suffisante pour fournir, autant que faire se pourra, aux besoins des usines établies dans le voisinage avec autorisation légale : en ce cas il ne sera assujetti qu'à en faire la déclaration au préfet du département, elle contiendra la désignation des lieux : le préfet donnera acte de cette déclaration, ce qui vaudra permission pour le propriétaire, et l'exploitation aura lieu par lui sans autre formalité.

60. Si le propriétaire n'exploite pas, les maîtres de forges auront la faculté d'exploiter à sa place, à la charge 1° d'en prévenir le propriétaire, qui, dans un mois, à compter de la notification, pourra déclarer qu'il entend exploiter lui-même ; 2° d'obtenir du préfet la permission, sur l'avis de l'ingénieur des mines, après avoir entendu le propriétaire.

61. Si, après l'expiration du délai d'un mois, le propriétaire ne déclare pas qu'il entend exploiter, il sera censé renoncer à l'exploitation ; le maître de forges pourra, après la permission obtenue, faire les fouilles immédiatement dans les terres incultes et en jachères, et, après la récolte, dans toutes les autres terres.

62. Lorsque le propriétaire n'exploitera pas en quantité suffisante, ou suspendra ses travaux d'extraction pendant plus d'un mois sans cause légitime, les maîtres de forges se pourvoiront auprès du préfet pour obtenir la permission d'exploiter à sa place.

Si le maître de forges laisse écouler un mois sans faire usage de cette permission, elle sera regardée comme non avenue, et le propriétaire du terrain rentrera dans tous ses droits.

63. Quand un maître de forges cessera d'exploiter un terrain, il sera tenu de le rendre propre à la culture ou d'indemniser le propriétaire.

64. En cas de concurrence entre plusieurs maîtres de forges, pour l'exploitation dans un même fonds, le préfet déterminera, sur l'avis de l'ingénieur des mines, les proportions dans lesquelles chacun d'eux pourra exploiter, sauf le recours au conseil d'État.

Le préfet règlera de même les proportions dans lesquelles chaque maître de forges aura droit à l'achat du minerai, s'il est exploité par le propriétaire.

65. Lorsque les propriétaires feront l'extraction du minerai pour le vendre aux maîtres de forges, le prix en sera réglé entre eux de gré à gré, ou par des experts choisis ou nommés d'office, qui auront égard à la situation des lieux, aux frais d'extraction et aux dégâts qu'elle aura occasionnés.

66. Lorsque les maîtres de forges auront fait extraire le minerai, il sera dû au propriétaire du fonds, et avant l'enlèvement du minerai, une indemnité qui sera aussi réglée par experts, lesquels auront égard à la situation des lieux, aux dommages causés, à la valeur du minerai, distraction faite des frais d'exploitation.

67. Si les minerais se trouvent dans les forêts royales, dans celles des établissements publics, ou des communes, la permission de les exploiter ne pourra être accordée qu'après avoir entendu l'administration forestière, l'acte de permission déterminera l'étendue des terrains dans lesquels les fouilles pourront être faites : les exploitants seront tenus, en outre, de payer les dégâts occasionnés par l'exploitation, et de repiquer en glands ou plans, les places qu'elle aurait endommagées, ou une autre étendue proportionnelle déterminée par la permission.

68. Les propriétaires ou maîtres de forges ou d'usines exploitant les minerais de fer d'alluvion, ne pourront, dans cette exploitation, pousser des travaux réguliers par des galeries souterraines, sans avoir obtenu une concession, avec les formalités et sous les conditions exigées par les articles de la section 1re du titre III et les dispositions du titre IV.

69. Il ne pourra être accordé aucune concession pour minerai d'alluvion ou pour des mines en filons ou couches, que dans les cas suivants :

1° Si l'exploitation à ciel ouvert cesse d'être possible, et si l'établissement de puits, galeries et travaux d'art est nécessaire ;

2° Si l'exploitation, quoique possible encore, doit durer peu d'années, et rendre ensuite impossible l'exploitation avec puits et galeries.

70. En cas de concession, le concessionnaire sera tenu toujours, 1° de fournir aux usines qui s'approvisionneraient de minerai sur les lieux compris en la concession, la quantité nécessaire à leur exploitation, au prix qui sera porté au cahier des charges, ou qui sera fixé par l'administration ; 2° d'indemniser les propriétaires au profit desquels l'exploitation avait lieu, dans la proportion du revenu qu'ils en tiraient.

SECTION III.

Des terres pyriteuses et alumineuses.

71. L'exploitation des terres pyriteuses et alumineuses sera assujettie aux formalités prescrites par les art. 57 et 58, soit qu'elle ait lieu par les propriétaires des fonds, soit par d'autres individus qui, à défaut par ceux-ci d'exploiter, en auraient obtenu la permission.

72. Si l'exploitation a lieu par des non propriétaires, ils seront assujettis, en faveur des propriétaires, à une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou par experts.

SECTION IV.

Des permissions pour l'établissement des fourneaux, forges et usines.

73. Les fourneaux à fondre les minerais de fer et autres substances métalliques, les forges et martinets pour ouvrer le fer et le cuivre, les usines servant de patouillets et bocards, celles pour le traitement des substances salines et pyriteuses, dans lesquels on consomme des combustibles, ne pourront être établis que sur une permission accordée par un règlement d'administration publique.

74. La demande en permission sera adressée au préfet, enregistrée le jour de la remise sur un registre spécial à ce destiné, et affichée pendant quatre mois dans le chef-lieu du département, dans celui de l'arrondissement, dans la commune où sera situé l'établissement projeté, et dans le lieu du domicile du demandeur.

Le préfet, dans le délai d'un mois, donnera son avis, tant sur la demande que sur les oppositions et les demandes en préférence qui seraient survenues; l'administration des mines donnera le sien sur la quotité du minerai à traiter; l'administration des forêts, sur l'établissement des bouches à feu en ce qui concerne les bois, et l'administration des ponts et chaussées, sur ce qui concerne les cours d'eau navigables ou flottables.

75. Les impétrants des permissions pour les usines, supporteront une taxe une fois payée, laquelle ne pourra être au-dessous de cinquante francs ni excéder trois cents francs.

SECTION V.

Dispositions générales sur les permissions.

76. Les permissions seront données à la charge d'en faire usage dans un délai déterminé; elles auront une durée indéfinie, à moins qu'elles n'en contiennent la limitation.

77. En cas de contraventions, le procès-verbal dressé par les autorités compétentes sera remis au procureur du roi, lequel poursuivra dans les for-

mes prescrites ci-dessus, art. 67, la révocation de la permission, s'il y a lieu, et l'application des lois pénales qui y sont relatives.

78. Les établissements actuellement existants sont maintenus dans leur jouissance, à la charge par ceux qui n'ont jamais eu de permission, ou qui ne pourraient représenter la permission obtenue précédemment, d'en obtenir une avant le 1er janvier 1813, sous peine de payer un triple droit de permission pour chaque année, pendant laquelle ils auront négligé de s'en pourvoir et continué de s'en servir.

79. L'acte de permission d'établir des usines à traiter le fer autorise les impétrants à faire des fouilles, même hors de leurs propriétés, et à exploiter les minerais par eux découverts, ou ceux antérieurement connus, à la charge de se conformer aux dispositions de la section 2.

80. Les impétrants sont autorisés à établir des patouillets, lavoirs et chemins de charroi, sur les terrains qui ne leur appartiennent pas; mais sous les restrictions portées en l'art. 11; le tout à la charge d'indemnité envers les propriétaires du sol, et en les prévenant un mois d'avance.

TITRE VIII.

SECTION PREMIÈRE.

Des carrières.

81. L'exploitation des carrières à ciel ouvert a lieu sans permission, sous la simple surveillance de la police, et avec l'observation des lois ou règlements généraux ou locaux.

82. Quand l'exploitation a lieu par galeries souterraines, elle est soumise à la surveillance de l'administration, comme il est dit au titre V.

SECTION II.

Des tourbières.

83. Les tourbes ne peuvent être exploitées que par le propriétaire du terrain ou de son consentement.

84. Tout propriétaire actuellement exploitant, ou qui voudra commencer à exploiter des tourbes dans son terrain, ne pourra continuer ou commencer son exploitation, à peine de cent francs d'amende, sans en avoir préalablement fait la déclaration à la sous-préfecture et obtenu l'autorisation.

85. Un règlement d'administration publique déterminera la direction générale des travaux d'extraction dans le terrain où sont situées les tourbes, celles des rigoles de dessèchement, et enfin toutes les mesures propres à fa-

ciliter l'écoulement des eaux dans les vallées, et l'atterrissement des entailles tourbées.

86. Les propriétaires exploitants, soit particuliers, soit communautés d'habitants, soit établissements publics, sont tenus de s'y conformer, à peine d'être contraints à cesser leurs travaux.

TITRE IX.

DES EXPERTISES.

87. Dans tous les cas prévus par la présente loi, et autres naissant des circonstances où il y aura lieu à expertise, les dispositions du titre XIV du Code de procédure civile, art. 303 à 323, seront exécutées.

88. Les experts seront pris parmi les ingénieurs des mines, ou parmi les hommes notables et expérimentés dans le fait des mines et de leurs travaux.

89. Le procureur du roi sera toujours entendu, et donnera ses conclusions sur le rapport des experts.

90. Nul plan ne sera admis comme pièce probante dans une contestation, s'il n'a été levé ou vérifié par un ingénieur des mines. La vérification des plans sera toujours gratuite.

91. Les frais et vacations des experts seront réglés et arrêtés, selon les cas, par les tribunaux : il en sera de même des honoraires qui pourront appartenir aux ingénieurs des mines; le tout suivant le tarif qui sera fait par un règlement d'administration publique.

Toutefois, il n'y aura pas lieu à honoraires pour les ingénieurs des mines, lorsque leurs opérations auront été faites soit dans l'intérêt de l'administration, soit à raison de la surveillance et de la police publique.

92. La consignation des sommes jugées nécessaires pour subvenir aux frais d'expertise pourra être ordonnée par le tribunal contre celui qui poursuivra l'expertise.

TITRE X.

DE LA POLICE ET DE LA JURIDICTION RELATIVES AUX MINES.

93. Les contraventions des propriétaires de mines, exploitants, non encore concessionnaires ou autres personnes, aux lois et règlements, seront

dénoncées et constatées, comme les contraventions en matière de voirie et de police.

94. Les procès-verbaux contre les contrevenants seront affirmés dans les formes et délais prescrits par la loi.

95. Ils seront adressés en originaux aux procureurs du roi, qui seront tenus de poursuivre d'office les contrevenants devant les tribunaux de la police correctionnelle, ainsi qu'il est réglé et usité pour les délits forestiers, et sans préjudice des dommages-intérêts des parties.

96. Les peines seront d'une amende de 500 francs au plus, et de 100 fr. au moins, double en cas de récidive, et d'une détention qui ne pourra excéder la durée fixée par le code de police correctionnelle.

Les personnes intéressées à connaître à fond la législation des mines devront recourir au *Traité de législation des Mines*, du baron Locré, 1 vol. in-8, chez Treuttel et Würtz.

N° 8,664 du Bulletin des Lois.

LOI DU 17 JUIN 1840 SUR LE SEL.

Article 1er. Nulle exploitation de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée naturellement ou artificiellement, ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une concession consentie par ordonnance royale, délibérée en conseil d'État.

2. Les lois et règlements généraux sur les mines sont applicables aux exploitations des mines de sel.

Un règlement d'administration publique déterminera, selon la nature de la concession, les conditions auxquelles l'exploitation sera soumise.

Le même règlement déterminera aussi les formes des enquêtes qui devront précéder les concessions de sources ou de puits d'eau salée.

Seront applicables à ces concessions, les dispositions des titres V et X, de la loi du 21 avril 1810.

3. Les concessions seront faites de préférence aux propriétaires des établissements déjà existants.

4. Les concessions ne pourront excéder vingt kilomètres carrés, s'il s'agit d'une mine de sel, et un kilomètre carré pour l'exploitation d'une source ou d'un puits d'eau salée.

Dans l'un ou l'autre cas, les actes de concessions régleront les droits du propriétaire de la surface, conformément aux art. 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810.

Aucune redevance personnelle ne sera exigée au profit de l'État.

5. Les concessionnaires de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée, seront tenus, 1° de faire, avant toute exploitation ou fabrication, la déclaration prescrite par l'art. 51 de la loi du 24 avril 1806; 2° d'extraire ou de fabriquer au minimum et annuellement une quantité de cinq cent mille kilogrammes de sel, pour être livrée à la consommation intérieure et assujettie à l'impôt.

Toutefois une ordonnance royale pourra, dans les circonstances particulières, autoriser la fabrication au-dessous du minimum. Cette autorisation pourra toujours être retirée.

Des règlements d'administration publique détermineront, dans l'intérêt de l'impôt, les conditions auxquelles l'exploitation et la fabrication seront soumises, ainsi que le mode de surveillance à exercer, de manière à ce que le droit soit perçu sur les quantités de sel réellement fabriquées.

Les dispositions du présent article sont applicables aux exploitations ou fabriques actuellement existantes.

6. Tout concessionnaire ou fabricant qui voudra cesser d'exploiter ou de fabriquer est tenu d'en faire la déclaration au moins un mois d'avance.

Le droit de consommation sur les sels extraits ou fabriqués, qui seraient encore en la possession du concessionnaire ou du fabricant, un mois après la cessation de l'exploitation ou de la fabrication, sera exigible immédiatement.

L'exploitation ou la fabrication ne pourront être reprises qu'après un nouvel accomplissement des obligations mentionnées en l'art. 5.

7. Toute exploitation ou fabrication de sel, entreprise avant l'accomplissement des formalités prescrites par l'art. 5, sera frappée d'interdiction par voie administrative; le tout sans préjudice, s'il y a lieu, des peines portées en l'art. 10.

Les arrêtés d'interdiction rendus par les préfets seront exécutoires par provision, nonobstant tout recours de droit.

8. Tout exploitant ou fabricant de sel, dont les produits n'auront pas atteint le minimum déterminé par l'art. 5, sera passible d'une amende égale au droit qui aurait été perçu sur les quantités de sel manquant pour atteindre le minimum.

9. L'enlèvement et le transport des eaux salées et des matières salifères sont interdits pour toute destination autre que celle d'une fabrique régulièrement autorisée, sauf l'exception portée en l'art. 12.

Des règlements d'administration publique détermineront les formalités à observer pour l'enlèvement et la circulation.

10. Toute contravention aux dispositions des art. 5, 6, 7 et 9, et des ordonnances qui en règleront l'application, sera punie de la confiscation des eaux salées, matières salifères, sels fabriqués, ustensiles de fabrication,

moyens de transport, d'une amende de cinq cents francs à cinq mille francs, et dans tous les cas, du payement du double droit sur le sel pur, mélangé ou dissous dans l'eau, fabriqué, transporté, ou soustrait à la surveillance.

En cas de récidive le maximum de l'amende sera prononcé. L'amende pourra même être portée jusqu'au double.

11. Les dispositions des art. 5, 6, 7, 9 et 10, *sauf l'obligation du minimum de fabrication*, sont applicables aux établissements de produits chimiques dans lesquels il se produit en même temps du sel marin.

Dans les fabriques de salpêtre qui n'opèrent pas exclusivement sur les matériaux de démolition, et dans les fabriques de produits chimiques, la quantité de sel marin résultant des préparations, sera constatée par les exercices des employés des contributions indirectes.

12. Les règlements d'administration publique détermineront les conditions auxquelles pourront être autorisés l'enlèvement, le transport et l'emploi en franchise ou avec modération de droits, du sel de toute origine, des eaux salées ou des matières salifères, à destination des exploitations agricoles ou manufacturières, et de la salaison, soit en mer, soit à terre, des poissons de toute sorte.

13. Toute infraction aux conditions sous lesquelles la franchise ou la modération de droits aura été accordée en vertu de l'article précédent, sera punie de l'amende prononcée par l'art. 10, et, en outre, du payement du double droit sur toute quantité de sel pur, ou contenu dans les eaux salées et les matières salifères, qui aura été détournée en fraude.

La disposition précédente est applicable aux quantités de sel que représenteront, d'après les allocations qui auront été déterminées, les salaisons à l'égard desquelles il aura été contrevenu aux règlements.

Quant aux salaisons qui jouissent du droit d'employer le sel étranger, le double droit à payer pour amende sera calculé à raison de soixante francs pour cent kilogrammes, sans remise.

Les fabriques ou établissements, ainsi que les salaisons en mer ou à terre, jouissant déjà de la franchise, sont également soumis aux dispositions du présent article.

14. Les contraventions prévues par la présente loi seront poursuivies devant les tribunaux de police correctionnelle, à la requête de l'administration des douanes ou de celle des contributions indirectes.

15. Avant le 1er juillet 1841, une ordonnance royale réglera la remise accordée à titre de déchet, en raison des lieux de production, et après les expériences qui auront constaté la déperdition réelle des sels, sans que, dans aucun cas, cette remise puisse excéder cinq pour cent.

Il n'est rien de changé aux autres dispositions des lois et règlements relatifs à l'exploitation des marais salants

16. Jusqu'au 1er janvier 1851, des ordonnances royales régleront,

1° L'exploitation des petites salines du côté de la Manche;

2° Les allocations et franchises sur le sel dit *de troque* dans les départements du Morbihan et de la Loire-Inférieure.

A cette époque, toutes les ordonnances rendues en vertu du présent article cesseront d'être exécutoires, et toutes les salines seront soumises aux prescriptions de la présente loi.

17. Les salines, salins et marais salants seront cotisés à la contribution foncière, conformément au décret du 15 octobre 1810, savoir : les bâtiments qui en dépendent, d'après leur valeur locative, et les terrains et emplacements sur le pied des meilleures terres labourables.

La somme dont les salines, salins et marais salants auront été dégrevés par suite de cette cotisation, sera reportée sur l'ensemble de chacun des départements où ces propriétés sont situées.

18. Les clauses et conditions du traité consenti entre le ministre des finances et la compagnie des salines et mines de sel de l'est, pour la résiliation du bail passé le 31 octobre 1825, sont et demeurent approuvées. Ce traité restera annexé à la présente loi [1].

Le ministre des finances est autorisé à effectuer les payements ou restitutions qui devront être opérés pour l'exécution dudit traité.

Il sera tenu un compte spécial où les dépenses seront successivement portées, ainsi que les recouvrements qui seront opérés jusqu'au terme de l'exploitation.

Il est ouvert au ministre des finances, sur l'exercice 1841, un crédit de cinq millions, montant présumé de l'excédant de dépense qui pourra résulter de cette liquidation, dont le compte sera présenté aux Chambres.

19. Les dispositions de la présente loi qui pourraient porter atteinte aux droits de la concession faite au domaine de l'Etat, en exécution de la loi du 6 avril 1825, n'auront effet, dans les départements dénommés en ladite loi, qu'après le 1er octobre 1841.

Jusqu'à cette époque, les lois et règlements existants continueront à recevoir leur application dans lesdits départements.

La présente loi, discutée, délibérée et adoptée par la Chambre des Pairs et par celle des Députés, et sanctionnée par nous cejourd'hui, sera exécutée comme loi de l'Etat.

[1] Le bail des salines de l'État a été résilié d'un commun accord, par l'État et la compagnie, le 24 mars 1858.

ORDONNANCE ROYALE DU 7 MARS 1841,

Insérée au Bulletin des Lois sous le n° 9,229, portant règlement sur les concessions de mines de sel et de sources et puits d'eau salée, et sur les usines destinées à la fabrication du sel.

TITRE PREMIER.

DES MINES DE SEL.

Article 1er. Il ne pourra être fait de concession de mine de sel sans que l'existence du dépôt de sel ait été constatée par des puits, des galeries ou des trous de sonde.

2. Les demandes en concession seront inscrites conformément aux dispositions de la loi du 21 avril 1810; elles contiendront les propositions du demandeur, dans le but de satisfaire aux droits attribués aux propriétaires de la surface par les art. 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810.

3. L'exploitation d'une mine de sel, soit à l'état solide, par puits ou galeries, soit par dissolution, au moyen de trous de sonde ou autrement, ne pourra être commencée qu'après que le projet des travaux aura été approuvé par l'administration.

A cet effet, le concessionnaire soumettra au préfet un mémoire indiquant la manière dont il entend procéder à l'exploitation, la disposition générale des travaux qu'il se propose d'exécuter, et la situation des puits, galeries et trous de sonde, par rapport aux habitations, routes et chemins. Il y joindra les plans et coupes nécessaires à l'intelligence de son projet.

Lorsque le projet d'exploitation aura été approuvé, il ne pourra être changé sans une nouvelle autorisation.

L'approbation de l'administration sera également nécessaire pour l'ouverture de tout nouveau champ d'exploitation.

Les projets de travaux énoncés aux paragraphes précédents devront être, ainsi que les plans à l'appui, portés, avant toute décision, à la connaissance du public. A cet effet, des affiches seront apposées, pendant un mois, dans les communes comprises dans lesdits projets, et une copie des plans sera déposée dans chaque mairie.

TITRE II.

DES SOURCES ET PUITS D'EAU SALÉE.

4. Les art. 10, 11 et 12 de la loi du 21 avril 1810 sont applicables aux recherches d'eau salée.

5 Tout demandeur en concession d'une source ou d'un puits d'eau salée, devra justifier que la source ou le puits peut fournir des eaux salées, en quantité suffisante pour une fabrication annuelle de 500,000 kilogrammes de sel au moins.

6. Il devra justifier des facultés nécessaires pour entreprendre et conduire les travaux, et des moyens de satisfaire aux indemnités et charges qui seront imposées par l'acte de concession.

7. La demande en concession sera adressée au préfet et enregistrée, à sa date, sur un registre spécial, conformément à l'art. 22 de la loi du 21 avril 1810 ; le secrétaire-général de la préfecture délivrera au requérant un extrait certifié de cet enregistrement.

La demande contiendra l'indication exigée par l'art. 2 ci-dessus.

Le pétitionnaire y joindra le plan, en quadruple expédition et à l'échelle de cinq millimètres pour dix mètres, des terrains désignés dans sa demande. Ce plan devra indiquer l'emplacement de la source ou du puits salé, et sa situation, par rapport aux habitations, routes et chemins. Il ne sera admis qu'après vérification faite par l'ingénieur des mines. Il sera visé par le préfet.

8. Les publications et affiches de la demande auront lieu à la diligence du préfet et conformément aux art. 23 et 24 de la loi du 21 avril 1810. Leur durée sera de deux mois à compter du jour de l'apposition des affiches dans chaque localité. La demande sera insérée dans l'un des journaux du département.

Les frais d'affiches, publications et insertions dans les journaux, seront à la charge du demandeur.

9. Les demandes en concurrence ne seront admises que jusqu'au dernier jour de la durée des affiches.

Elles seront notifiées par des actes extrajudiciaires, au demandeur, ainsi qu'au préfet qui les fera transcrire à leur date sur le registre mentionné en l'art. 7 ci-dessus. Il sera donné communication de ce registre à toutes les personnes qui voudront prendre connaissance desdites demandes.

10. Les oppositions à la demande en concession, les réclamations relatives à la quotité des offres faites aux propriétaires de la surface, les demandes en indemnité d'invention, seront notifiées au demandeur et au préfet par des actes extra-judiciaires.

11. Jusqu'à ce qu'il ait été statué définitivement sur la demande en concession, les oppositions réclamations et demandes mentionnées en l'art. 10 ci-dessus, seront admissibles devant notre ministre des travaux publics. Elles seront notifiées par leurs auteurs aux parties intéressées.

12. Le gouvernement jugera des motifs ou des considérations d'après lesquels la préférence doit être accordée aux divers demandeurs en concession, qu'ils soient propriétaires de la surface, inventeurs ou autres, sans

préjudice de la disposition transitoire de l'art. 3 de la loi du 17 juin 1840, relative aux propriétaires des établissements actuellement existants.

13. Il sera définitivement statué par une ordonnance royale, délibérée en conseil d'État.

Cette ordonnanee purgera, en faveur du concessionnaire, tous les droits des propriétaires de la surface et des inventeurs ou de leurs ayants-cause.

14. L'étendue de la concession sera déterminée par ladite ordonnance; elle sera limitée par des points fixes pris à la surface du sol.

15. Lorsque, dans l'étendue du périmètre qui lui est concédé, le concessionnaire voudra pratiquer, pour l'exploitation de l'eau salée, une ouverture autre que celle désignée par l'acte de concession, il adressera au préfet, avec un plan à l'appui, une demande qui sera affichée pendant un mois dans chacune des communes sur lesquelles s'étend la concession; une copie de ce plan sera déposée dans chaque mairie.

S'il ne s'élève aucune réclamation contre la demande, l'autorisation sera accordée par le préfet. Dans le cas contraire, il sera statué par notre ministre des travaux publics.

16. Toutes les questions d'indemnités à payer par le concessionnaire d'une source ou d'un puits d'eau salée, à raison des recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession, seront décidées conformément à l'art. 4 de la loi du 28 pluviôse an VIII.

17. Les indemnités à payer par le concessionnaire aux propriétaires de la surface, à raison de l'occupation des terrains nécessaires à l'exploitation des eaux salées, seront réglées conformément aux art. 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

18. Aucune concession de source ou de puits d'eau salée ne peut être vendue par lots ou partagée, sans une autorisation préalable du gouvernement, donnée dans les mêmes formes que la concession.

TITRE III.

DISPOSITIONS COMMUNES AUX CONCESSIONS DE MINES DE SEL ET AUX CONCESSIONS DE SOURCES ET DE PUITS D'EAU SALÉE.

---

19. Aucune recherche de mines de sel ou d'eau salée, soit par les propriétaires de la surface, soit par des tiers autorisés en vertu de l'art. 10 de la loi du 21 avril 1810, ne pourra être commencée qu'un mois après la déclaration faite à la préfecture. Le préfet en donnera avis immédiatement au directeur des contributions indirectes ou au directeur des douanes, suivant les cas.

20. Il ne pourra être fait, dans le même périmètre, à deux personnes différentes, une concession de mine de sel et une concession de source ou de puits d'eau salée.

Mais tout concessionnaire de source ou de puits d'eau salée, qui aura justifié de l'existence d'un dépôt de sel dans le périmètre à lui concédé, pourra obtenir une nouvelle concession, conformément au titre Ier de la présente ordonnance.

Jusque-là tout puits, toute galerie, ou tout autre ouvrage d'exploitation de mine, est interdit au concessionnaire de la source ou du puits d'eau salée.

21. Dans les cas où l'exploitation, soit des mines de sel, soit des sources ou des puits d'eau salée, compromettrait la sûreté publique, la conservation des travaux, la sûreté des ouvriers ou des habitations de la surface, il y sera pourvu ainsi qu'il est dit en l'art. 50 de la loi du 21 avril 1810.

22. Tout puits, toute galerie, tout trou de sonde ou tout autre ouvrage d'exploitation ouvert sans autorisation, seront interdits conformément aux dispositions de l'art. 8 de la loi du 27 avril 1838.

Néanmoins les exploitations en activité à l'époque de la promulgation de la loi du 17 juin 1840, sont provisoirement maintenues, à charge par les exploitants de former, dans un délai de trois mois, à compter de la promulgation de la présente ordonnance, des demandes en concession, conformément au premier paragraphe du présent article.

23. Les concessions pourront être révoquées dans les cas prévus par l'art. 49 de la loi du 21 avril 1810. Il sera alors procédé, conformément aux règles établies par la loi du 27 avril 1838.

24. Le directeur des contributions indirectes ou des douanes, selon les cas, sera consulté par le préfet sur toute demande en concession de mine de sel, de source ou de puits d'eau salée.

Le préfet consultera ensuite les ingénieurs des mines et transmettra les pièces à notre ministre des travaux publics, avec leurs rapports et son avis.

Les pièces relatives à chaque demande seront communiquées par notre ministre des travaux publics à notre ministre des finances.

TITRE IV.

DES PERMISSIONS RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES USINES POUR LA FABRICATION DU SEL.

25. Les usines destinées à l'élaboration du sel gemme ou au traitement des eaux salées, ne pourront être établies, soit par les concessionnaires des

mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée, soit par tous autres, qu'en vertu d'une permission accordée par une ordonnance royale, après l'accomplissement des formalités prescrites par l'art. 74 de la loi du 21 avril 1810. Toutefois le délai des affiches est réduit à un mois.

Le demandeur devra justifier que l'usine pourra suffire à la fabrication annuelle d'au moins cinq cent mille kilogrammes de sel, sauf l'application de la faculté ouverte par le deuxième alinéa de l'art. 5 de la loi du 17 juin 1840.

Seront d'ailleurs observées les dispositions des lois et règlements sur les établissements dangereux, incommodes ou insalubres.

26. La demande en permission devra être accompagnée d'un plan, en quadruple expédition, à l'échelle de deux millimètres par mètre, indiquant la situation et la consistance de l'usine. Ce plan sera vérifié et certifié par les ingénieurs des mines et visé par le préfet.

Les oppositions auxquelles la demande pourra donner lieu seront signifiées au demandeur et au préfet par des actes extrajudiciaires.

27. Les dispositions de l'art. 24 ci-dessus, relatives aux demandes en concessions de mines de sel ou de sources d'eau salée et de puits d'eau salée, seront également observées à l'égard des demandes en permission d'usine.

28. Les permissions seront données à la charge d'en faire usage dans un délai déterminé. Elles auront une durée indéfinie, à moins que l'ordonnance d'autorisation n'en ait décidé autrement.

29. Elles pourront être révoquées pour cause d'inexécution des conditions auxquelles elles auront été accordées.

La révocation sera prononcée par arrêté de notre ministre des travaux publics. Cet arrêté sera exécutoire par provision, nonobstant tout recours de droit.

30. Les fabriques légalement en activité à l'époque de la promulgation de la loi du 17 juin 1840, sont maintenues provisoirement, à charge par les propriétaires de former une demande en permission dans un délai de trois mois, à partir de la promulgation de la présente ordonnance.

Dans le cas où cette permission ne serait point accordée, les établissements seront interdits, dans les formes indiquées au second paragraphe de l'article précédent.

31. Nos ministres secrétaires d'État aux départements des travaux publics et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des Lois.

LOI DU 29 AVRIL 1845 SUR LES IRRIGATIONS.

ARTICLE 1er. Tout propriétaire qui voudra se servir, pour l'irrigation de ses propriétés, des eaux naturelles ou artificielles dont il a le droit de disposer, pourra obtenir le passage de ces eaux sur des fonds intermédiaires, à la charge d'une juste et préa able indemnité.

Sont exceptés de cette servitude les maisons, cours, jardins, parcs, et enclos attenant aux habitations.

2. Les propriétaires des fonds inférieurs devront recevoir les eaux qui s'écouleront des terrains ainsi arrosés, sauf l'indemnité qui pourra leur être due.

Seront également exceptés de cette servitude, les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenant aux habitations.

3. La même faculté de passage sur les fonds intermédiaires pourra être accordée au propriétaire d'un terrain submergé en tout ou partie, à l'effet de procurer aux eaux nuisibles leur écoulement.

4. Les contestations auxquelles pourront donner lieu l'établissement de la servitude, la fixation du parcours de la conduite d'eau, de ses dimensions et de sa forme, et les indemnités dues, soit au propriétaire du fonds traversé, soit à celui du fonds qui recevra l'écoulement des eaux, seront portées devant les tribunaux qui, en prononçant, devront concilier l'intérêt de l'opération avec le respect dû à la propriété.

Il sera procédé devant les tribunaux comme en matière sommaire, et, s'il y a lieu à expertise, il pourra n'être nommé qu'un seul expert.

5. Il n'est aucunement dérogé par les présentes dispositions aux lois qui règlent la police des eaux.

FIN DU GUIDE DU SONDEUR.

TABLES

MÉTHODIQUE ET ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

TABLE MÉTHODIQUE.

FIN DE LA TABLE MÉTHODIQUE.

TABLE ALPHABÉTIQUE.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

M.

N.

O.

P.

Q, R.

S.

T.

V, X, Z.

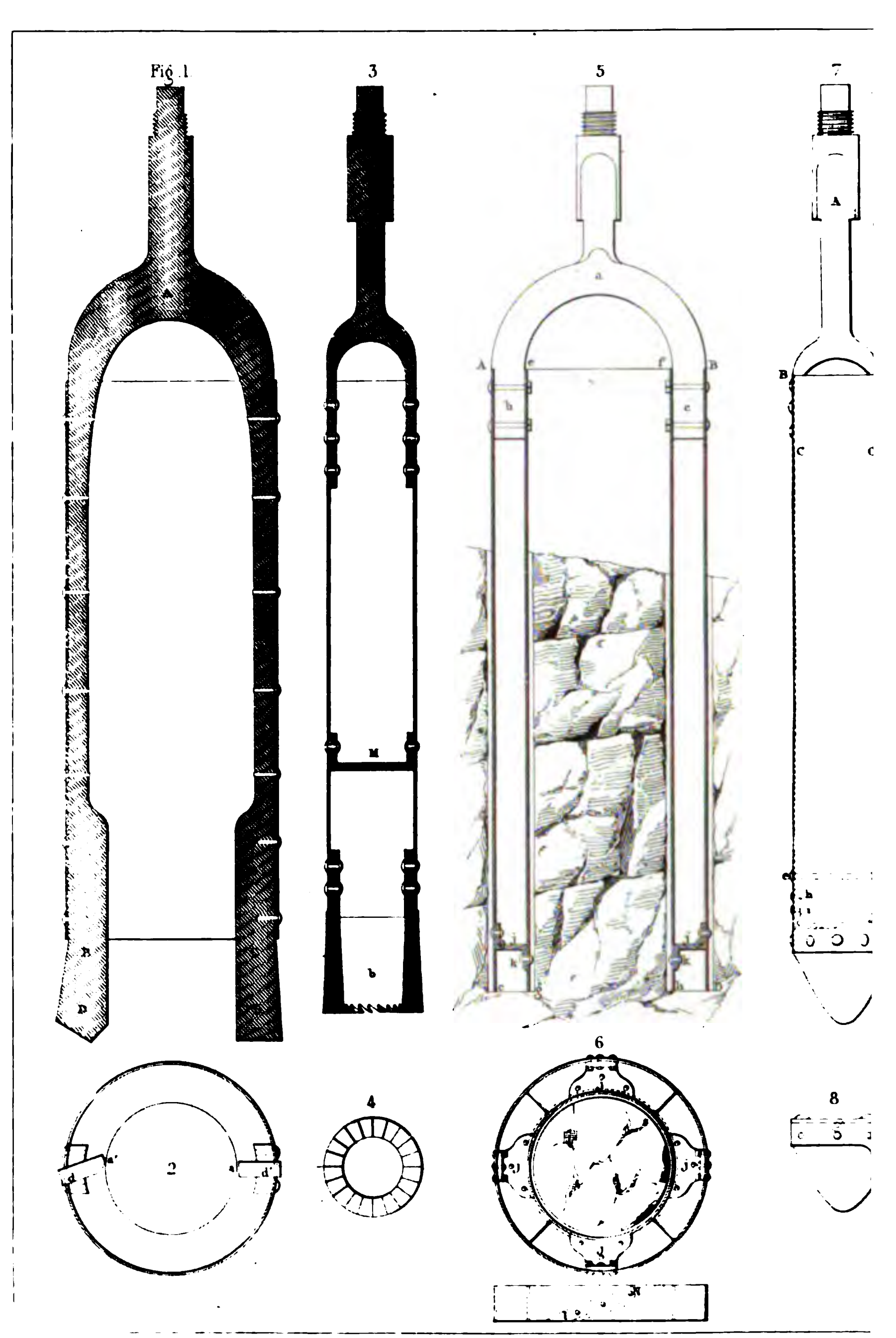
FIN.

Imprimerie de GUSTAVE GRATIOT, rue de la Monnaie, 11.

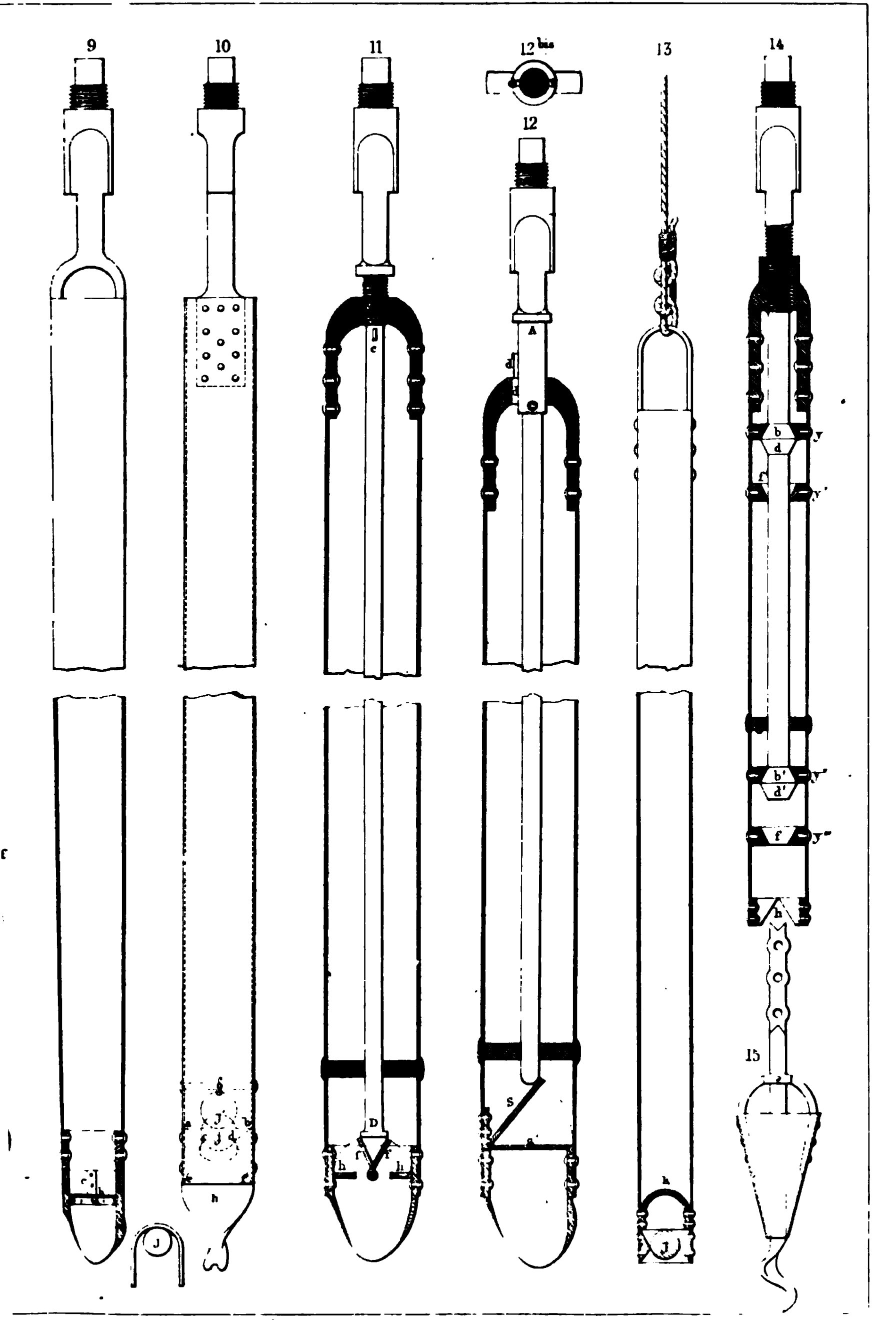
GUIDE

DU SONDEUR.

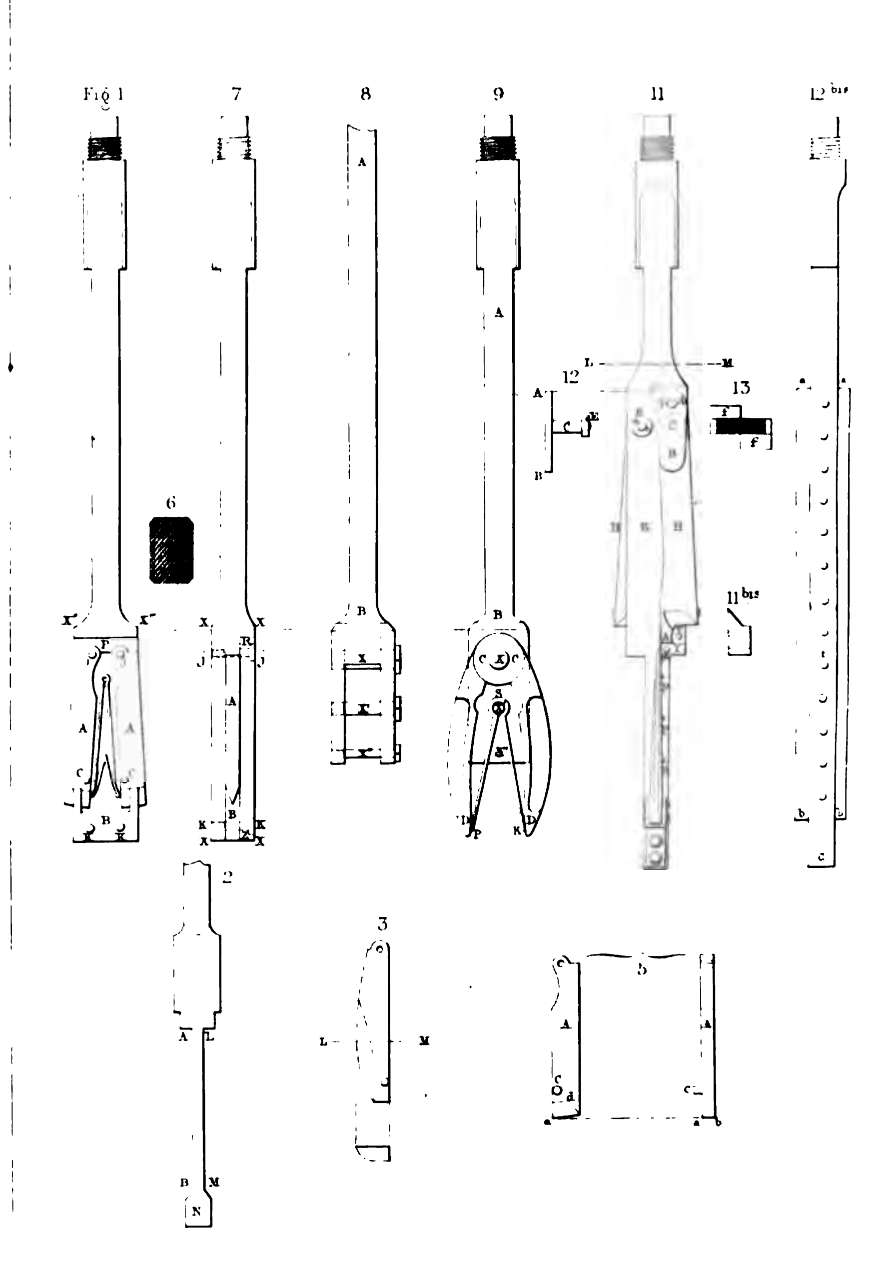
ATLAS



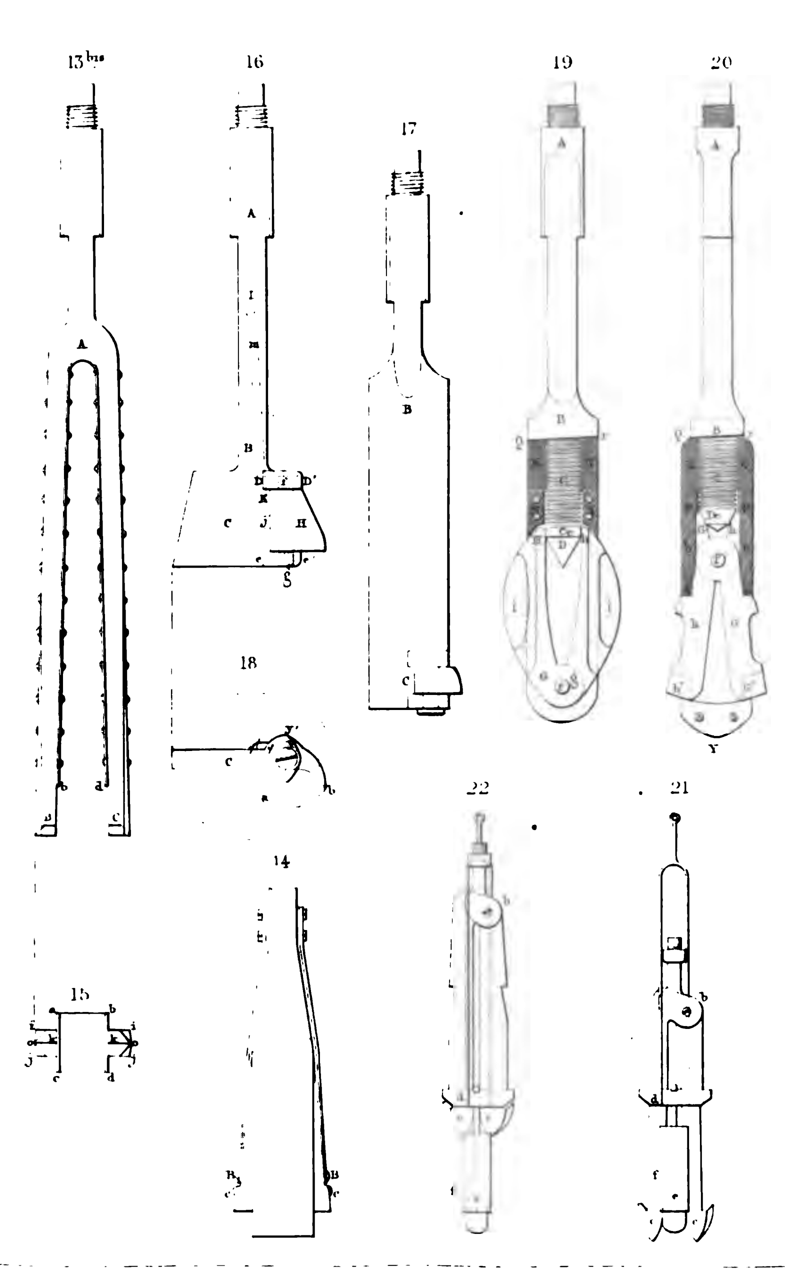
Dessiné par L. Ayraud.



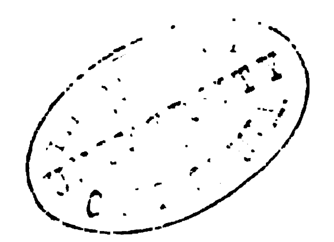
Gravé par F. Wormser

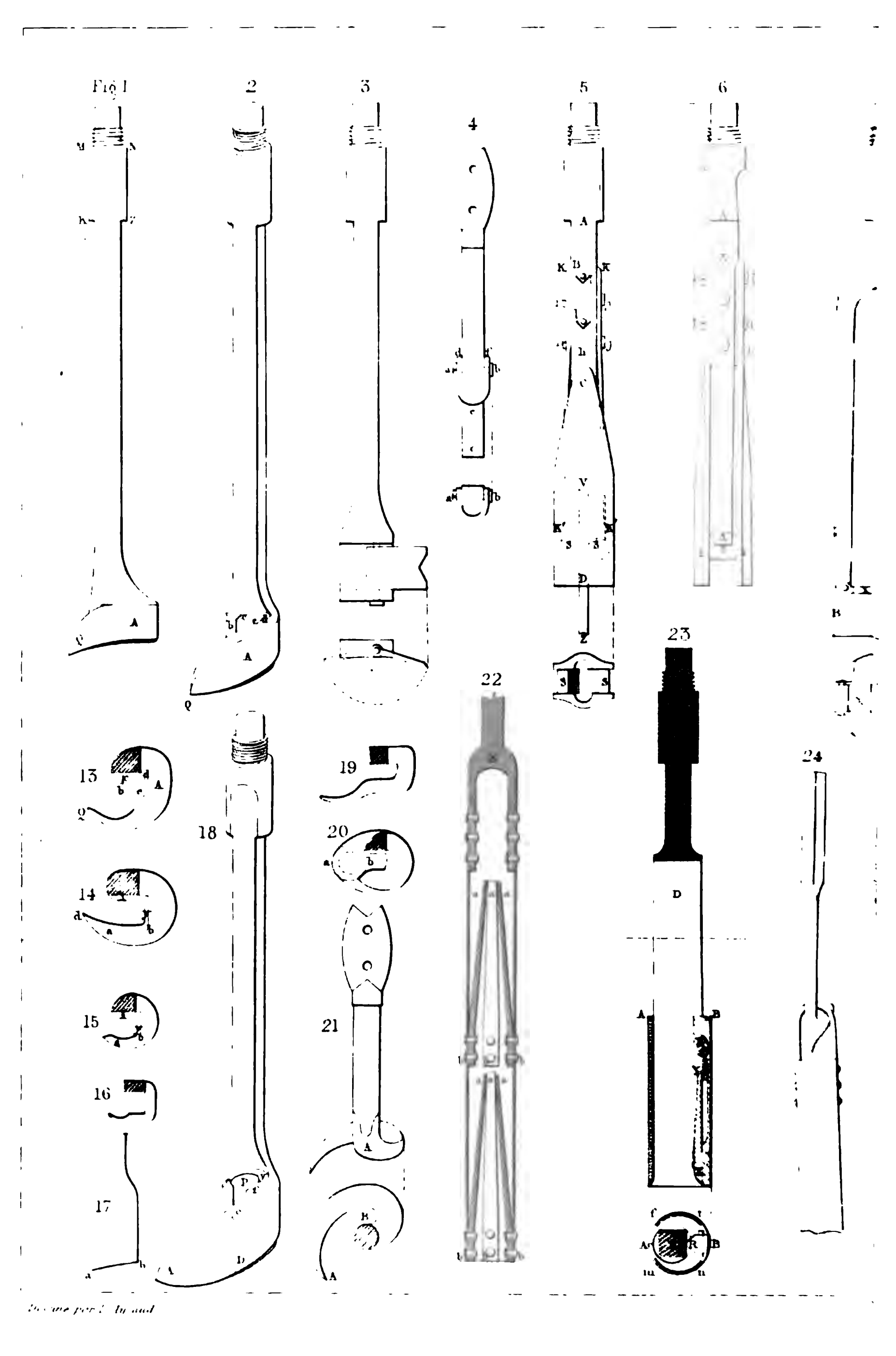


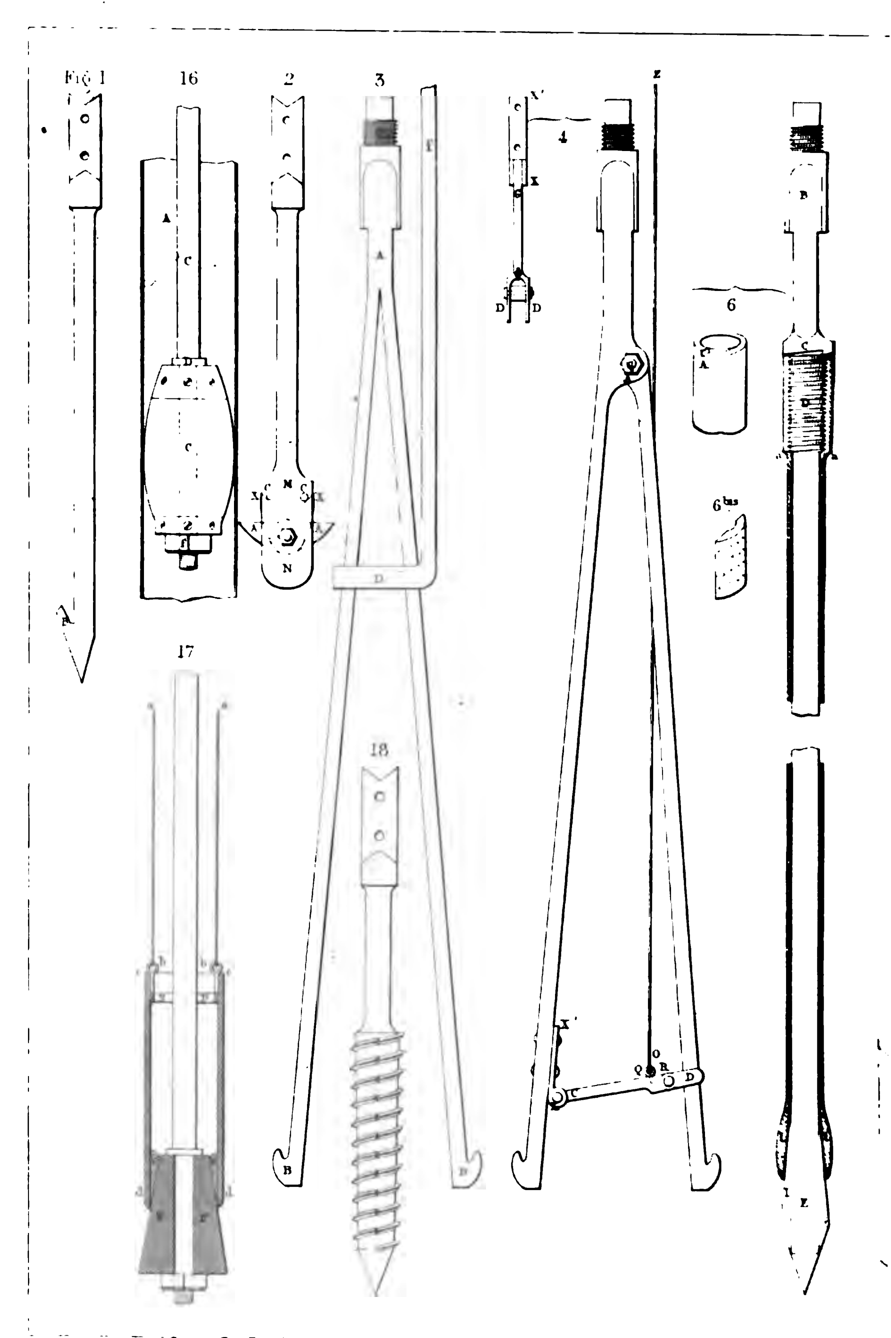
Dessiné par [illegible]

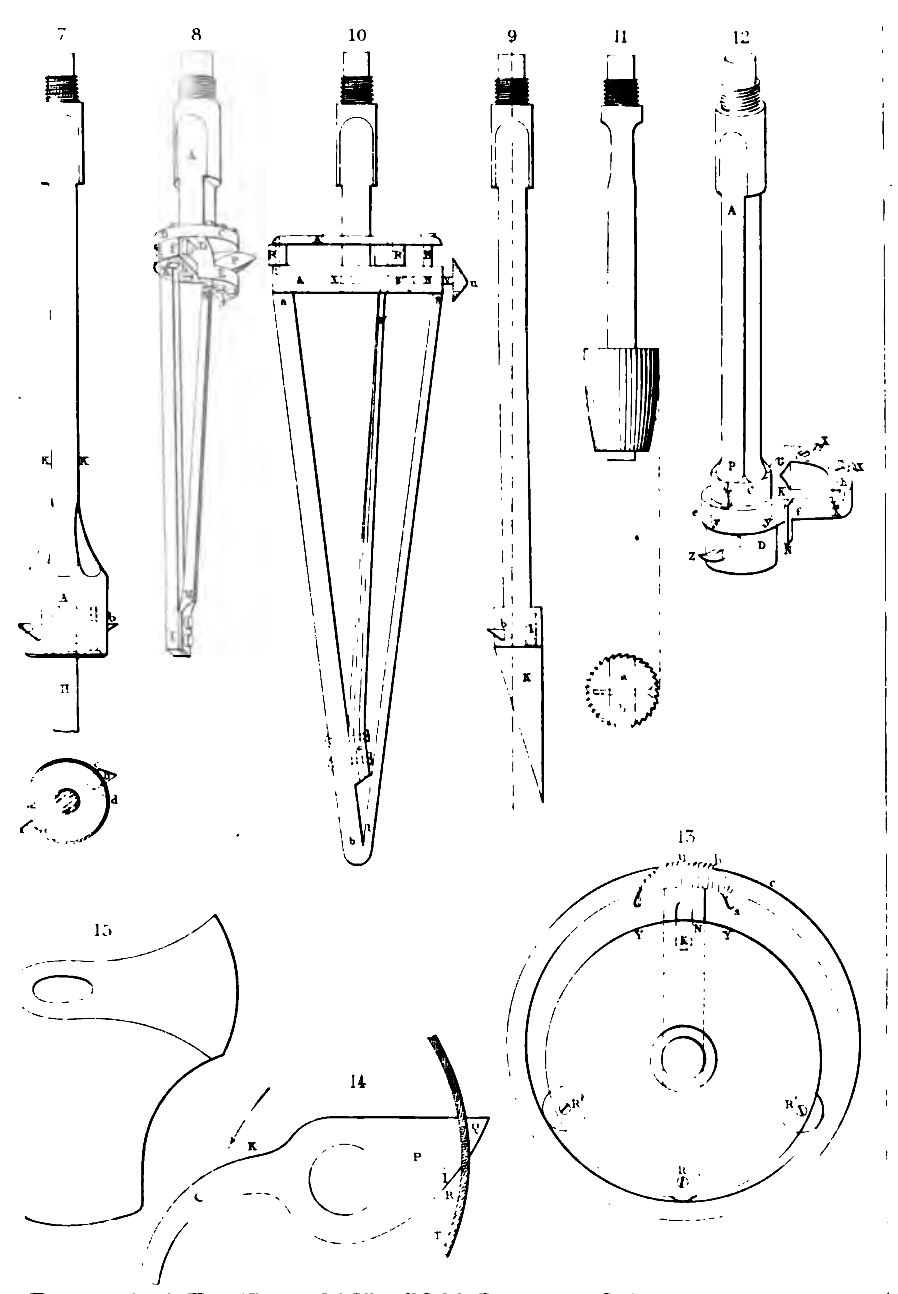


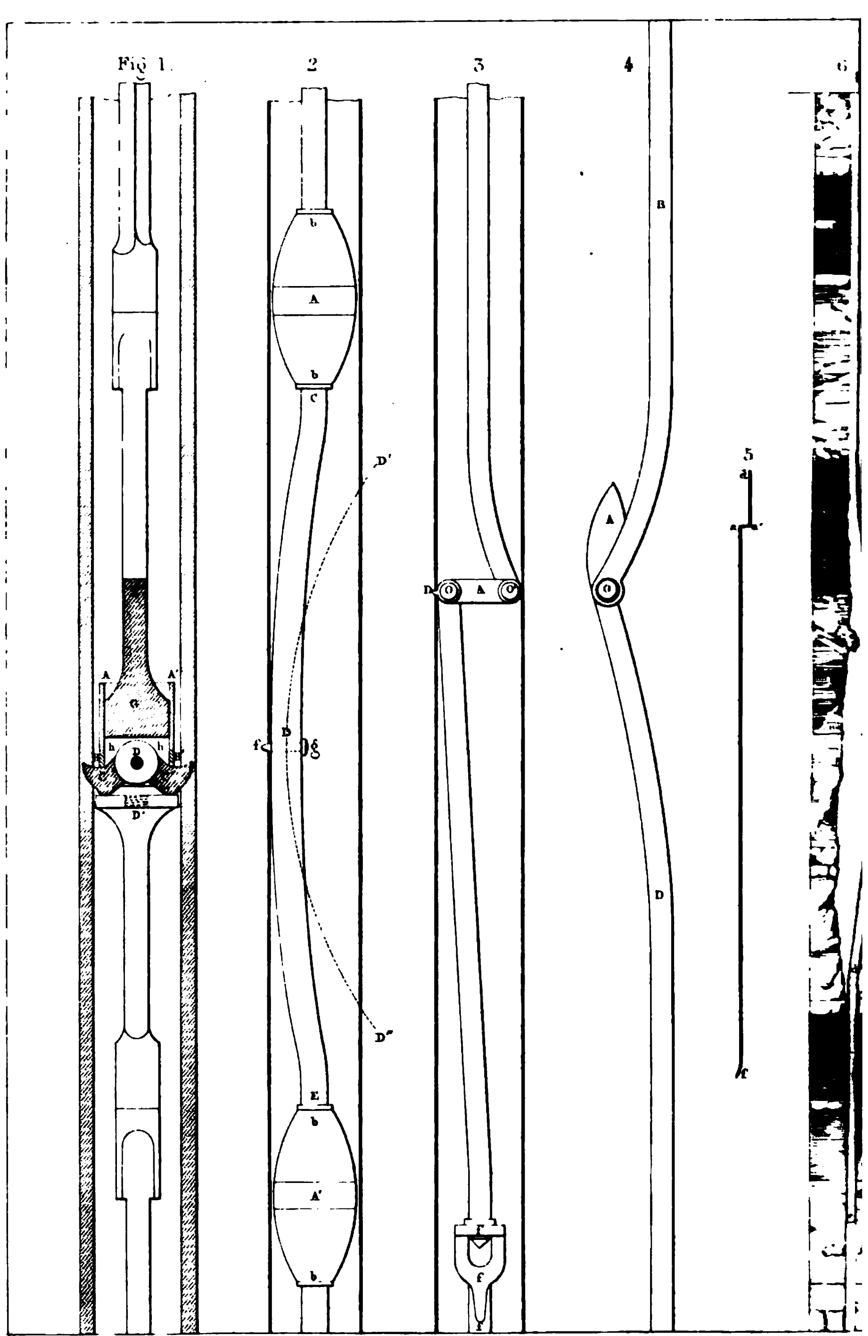
Gravé par E. Morieu

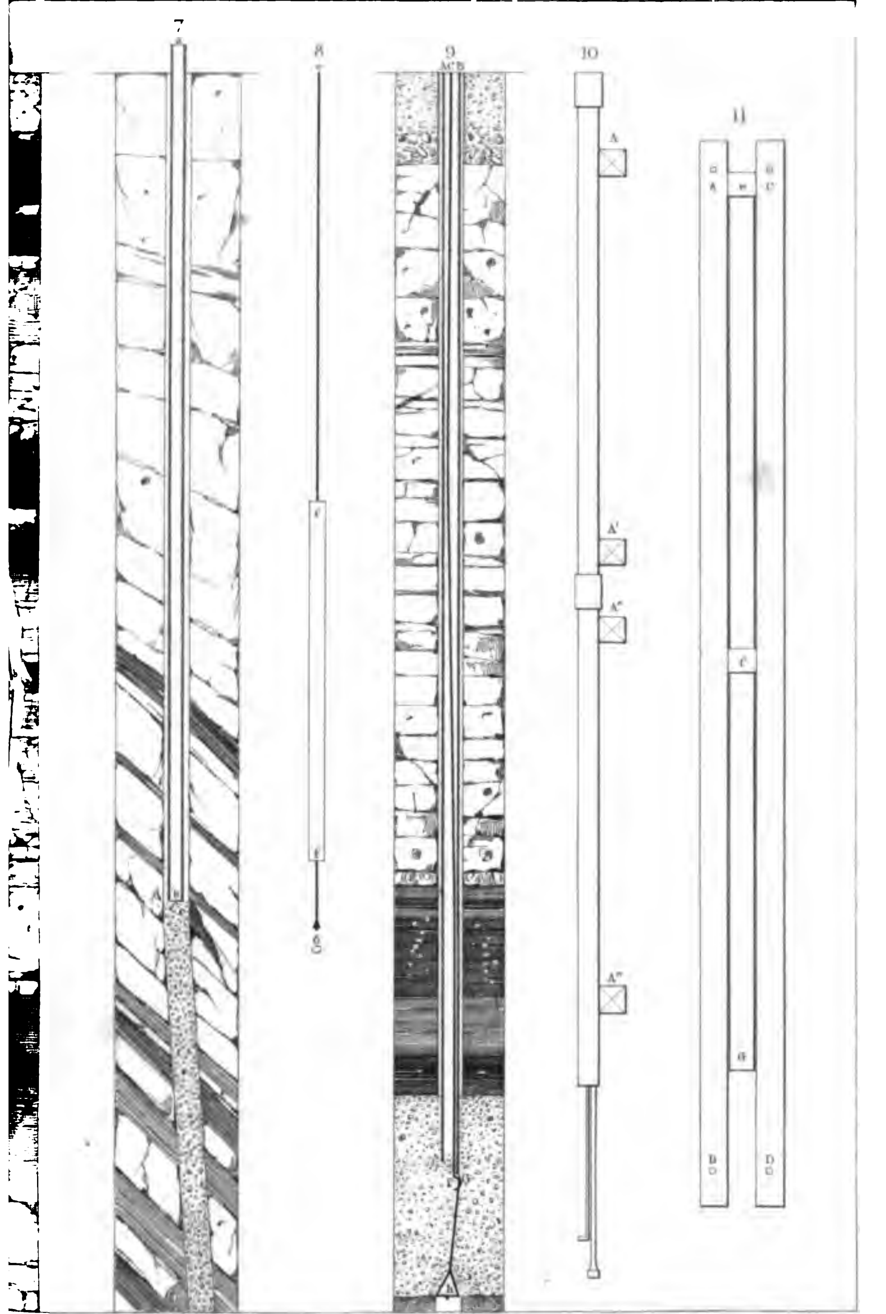



Fig 1
2
3
4
5
6
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24


Fig 1
16
2
3
4
6
6 bis
17
18
Dessiné par J. Arnaud


7
8
10
9
11
12
13
15
14


Fig. 1.
2
3
4
6
5
Dessiné par L. Guiraud



Gravé par F. Wormser.

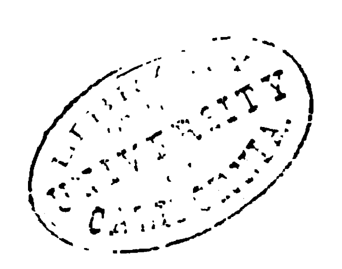


Fig. 1.

2

3

A

B

C

h

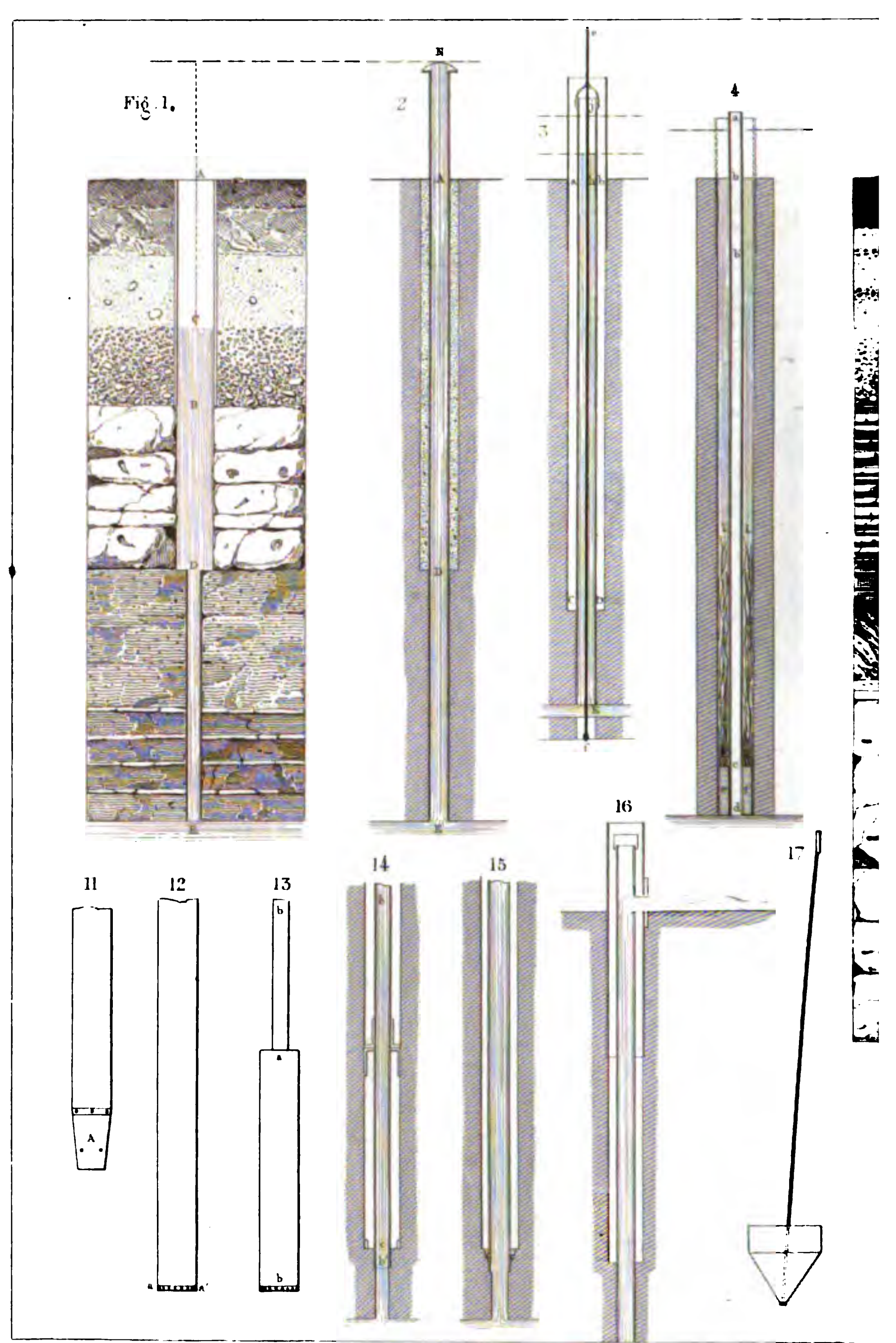
h

D

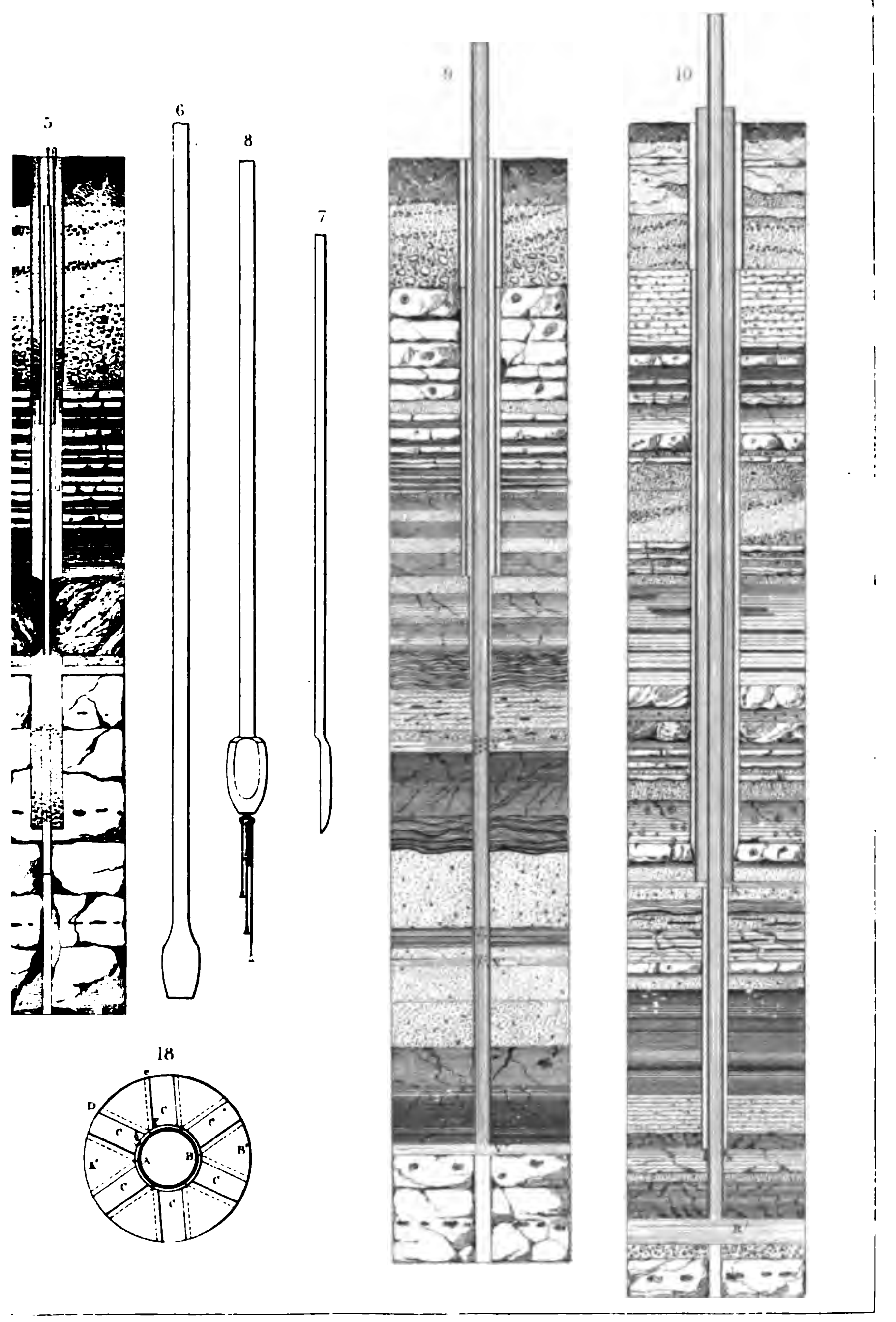
Dessiné par J. Ayraud



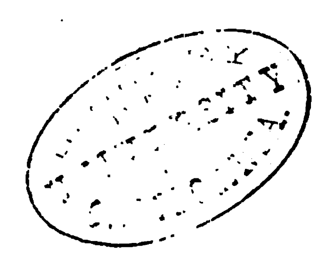
Gravé par E. Wormser

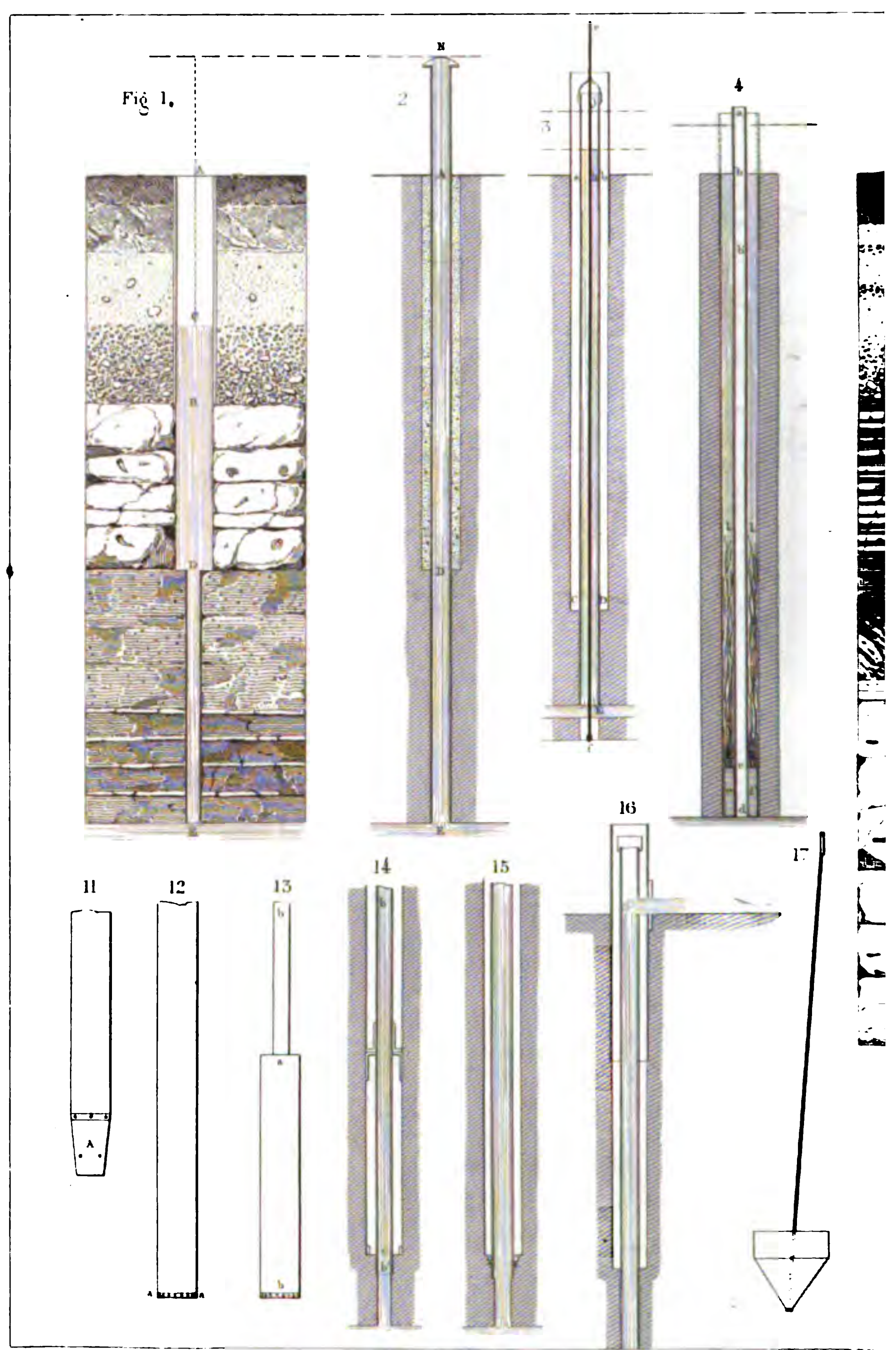


Dessiné par L. Aussant

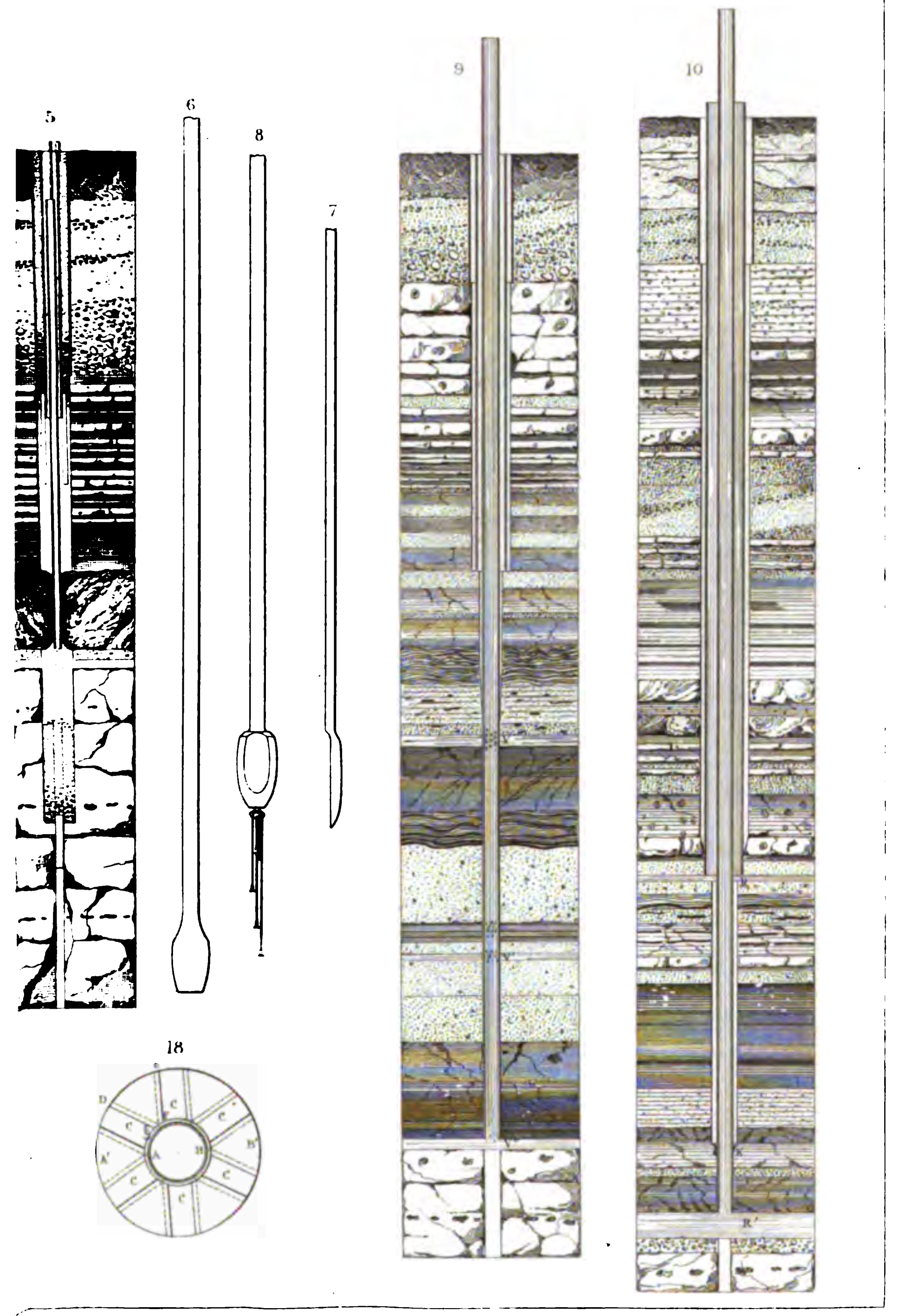


Gravé par E. Wormser.

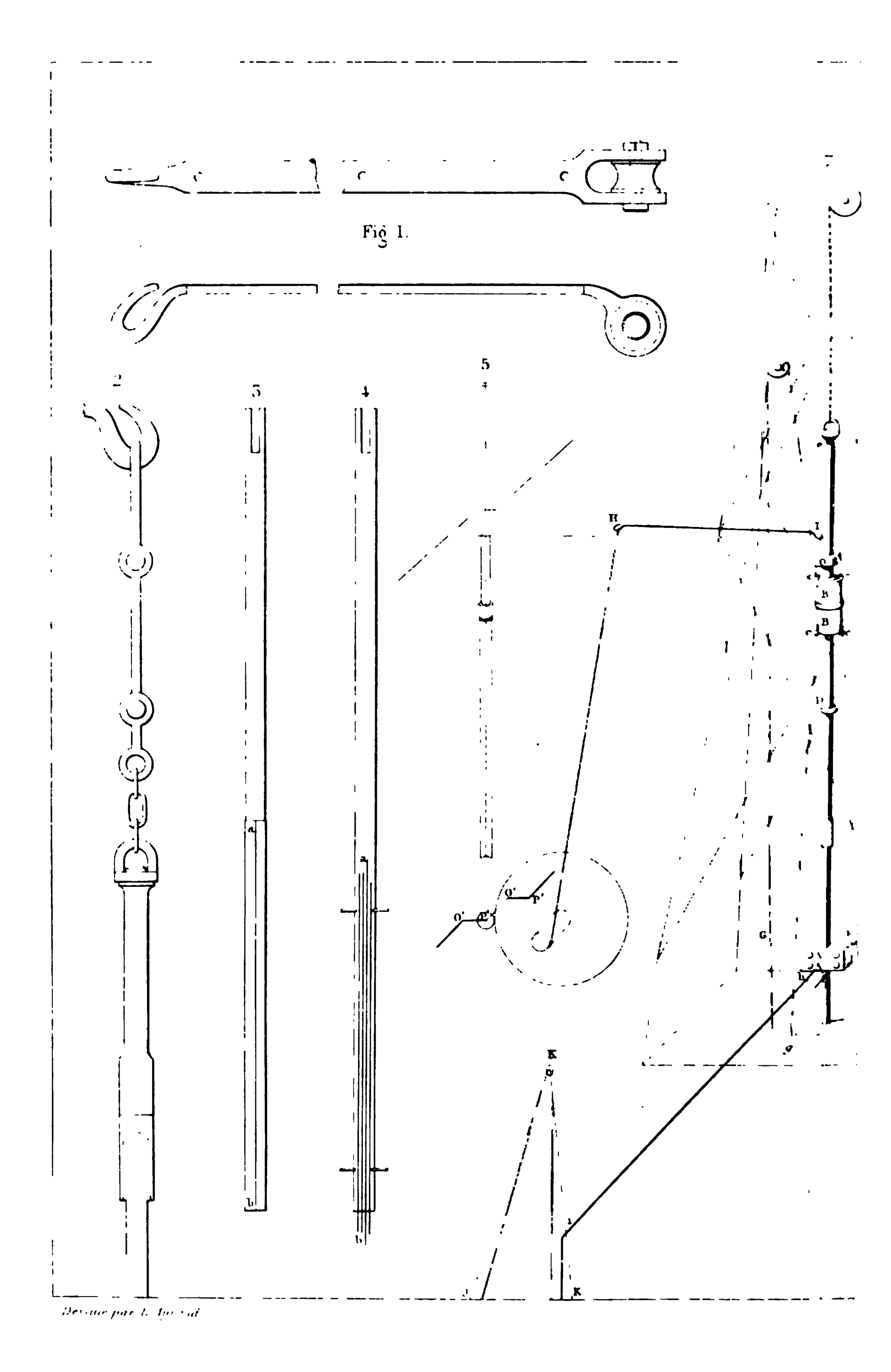




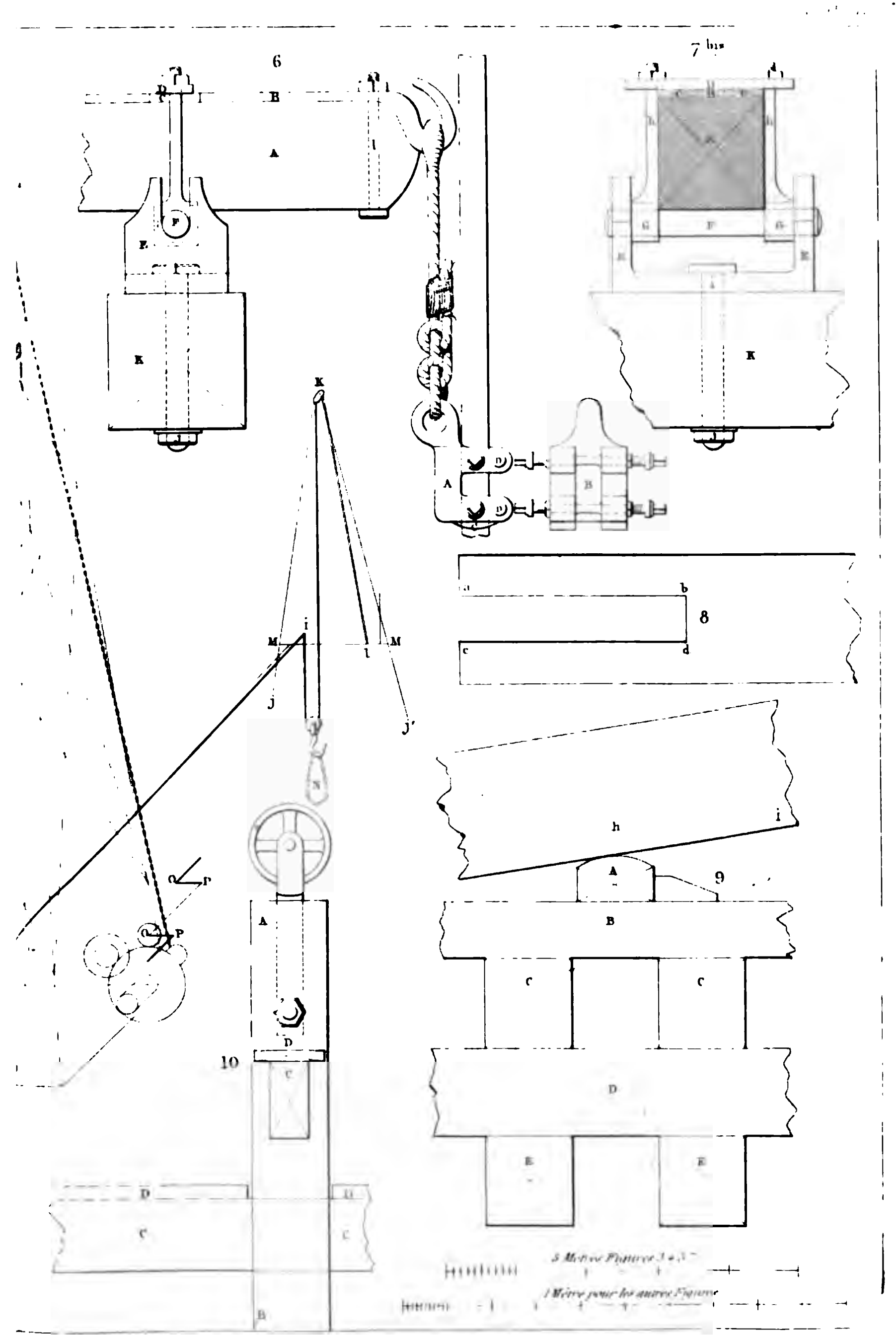
Dessiné par L. Arnaud



Gravé par E. Wormser.



Dessiné par L. Ap..ud



Gravé par E. Wormser

Puits absorbant à Paris.

Fig. 1

Description des terrains — Épaisseurs — Profondeurs

Description des terrains	Épaisseurs	Profondeurs
	m. c.	m. c.
Terrain de remblai	3, 33	3, 33
Niveau de la Seine		
Sables, graviers et cailloux roulés		
1re Nappe absorbante		
Sables verts argileux	3, n	
Marnes blanches		
Marnes blanches et jaunes, graveleuses, plaquettes calcaires	9, 64	
2e Nappe absorbante		
Marnes grises, plaquettes et bancs calcaires		
Sables verts et plaquettes calcaires		
3e Nappe absorbante		

2.

Distance de l'Échafaudage à la surface de l'eau

A.B. Niveau de l'Isle

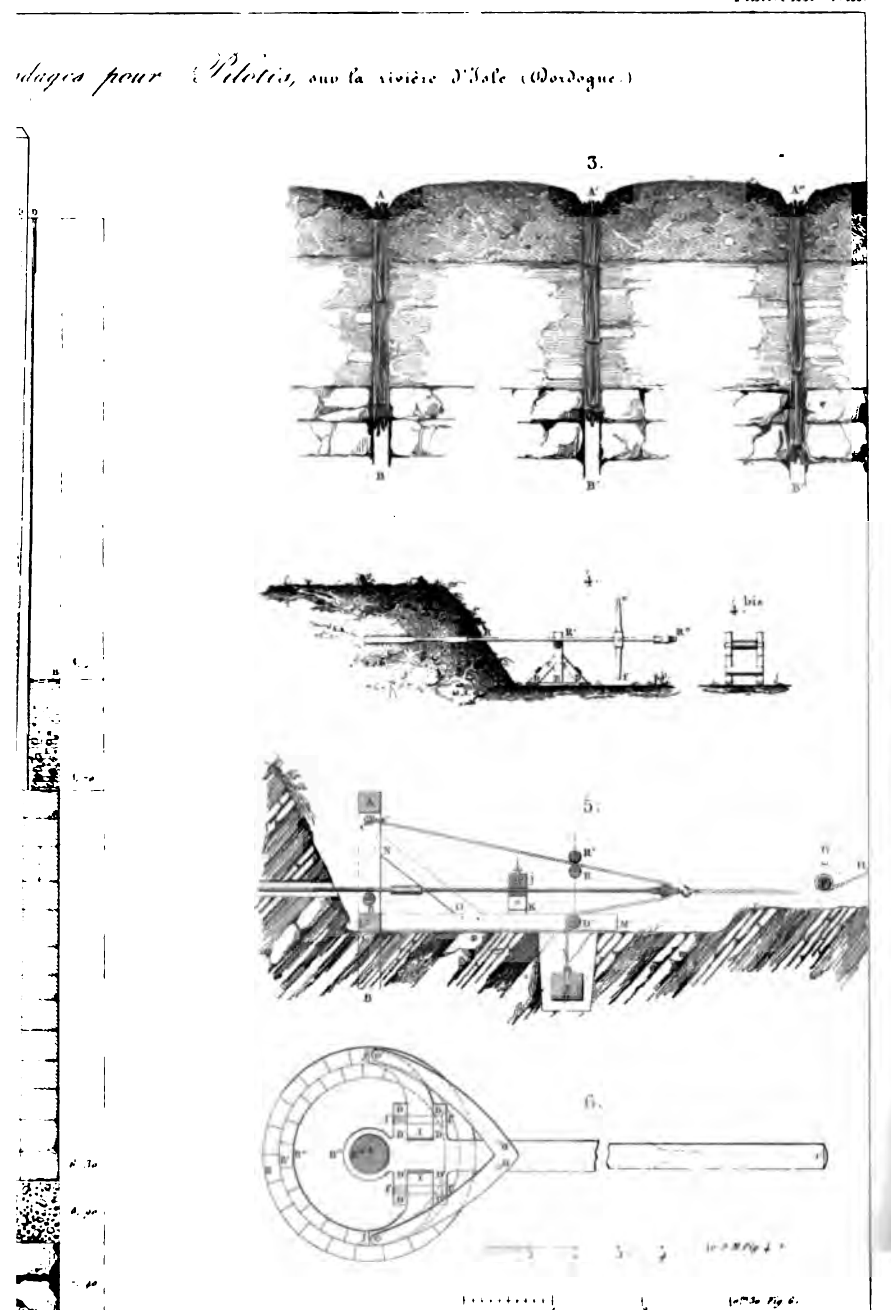
Boue et cailloux

Ancienne maçonnerie

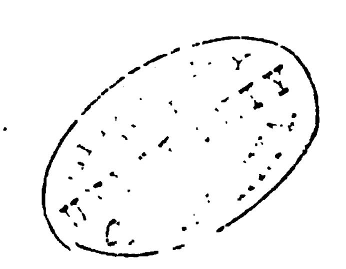
Alluvions de l'Isle

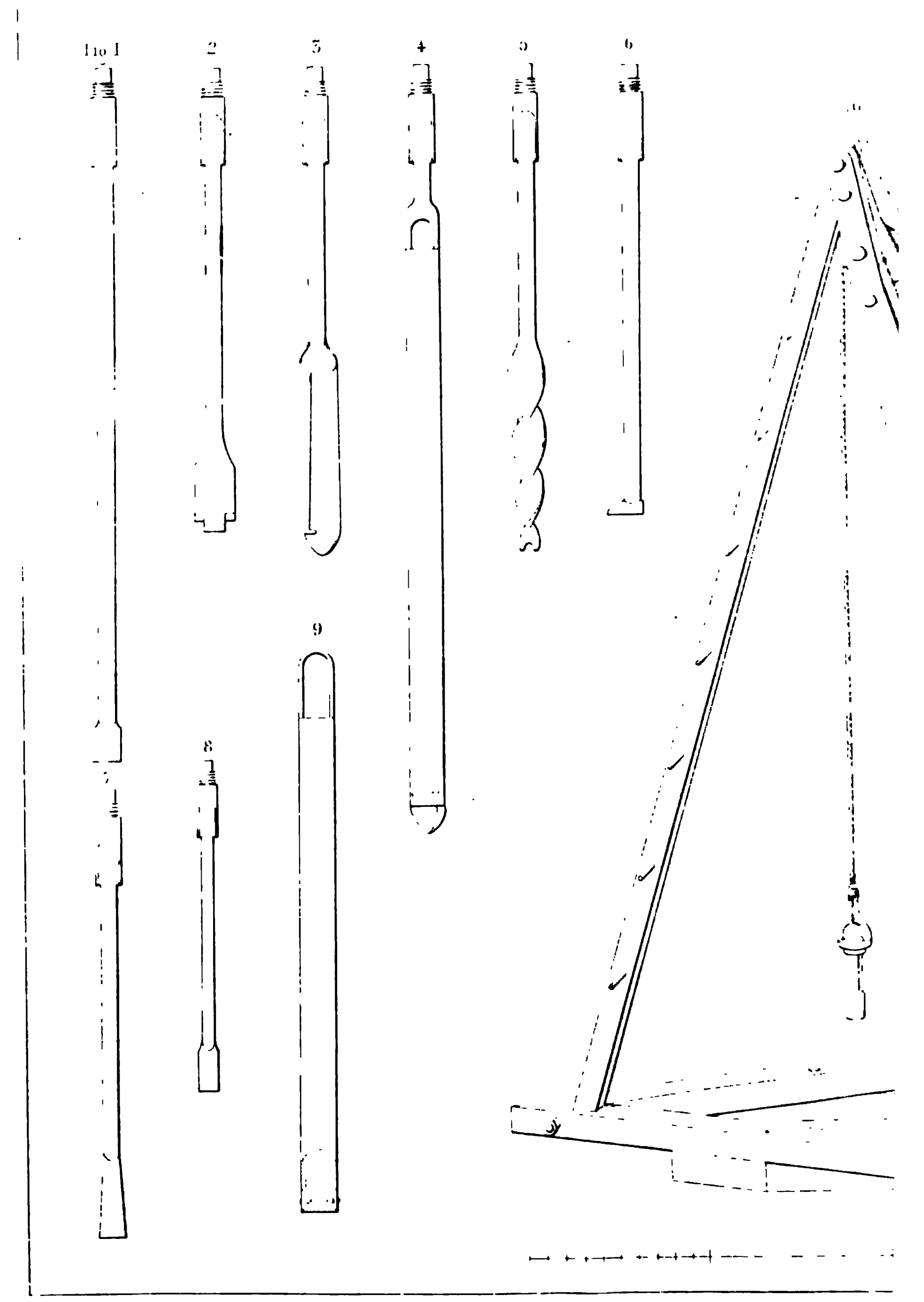
Calcaire tertiaire tendre

Dessiné par L. Ayraud.

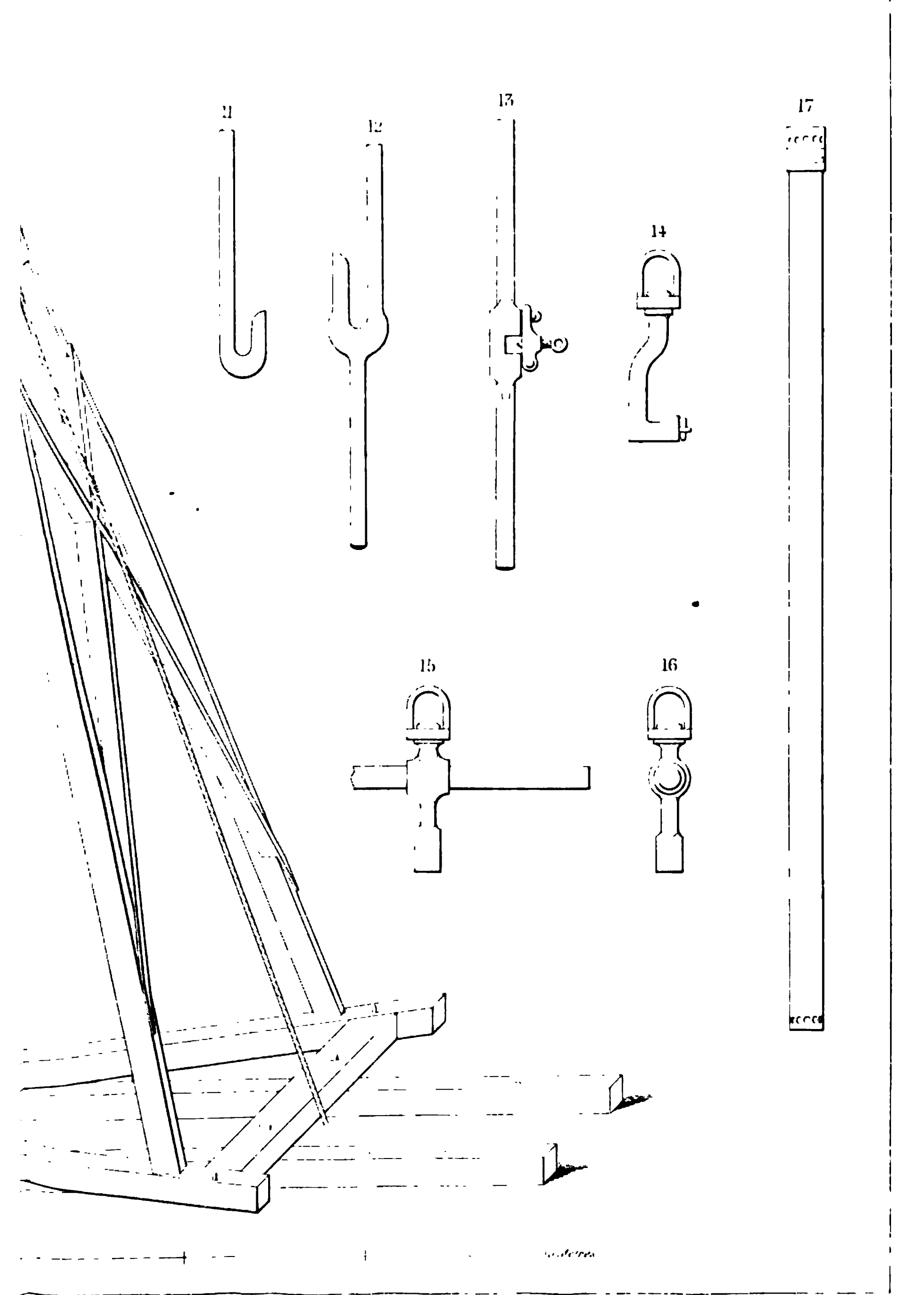


Gravé par E. Wormser

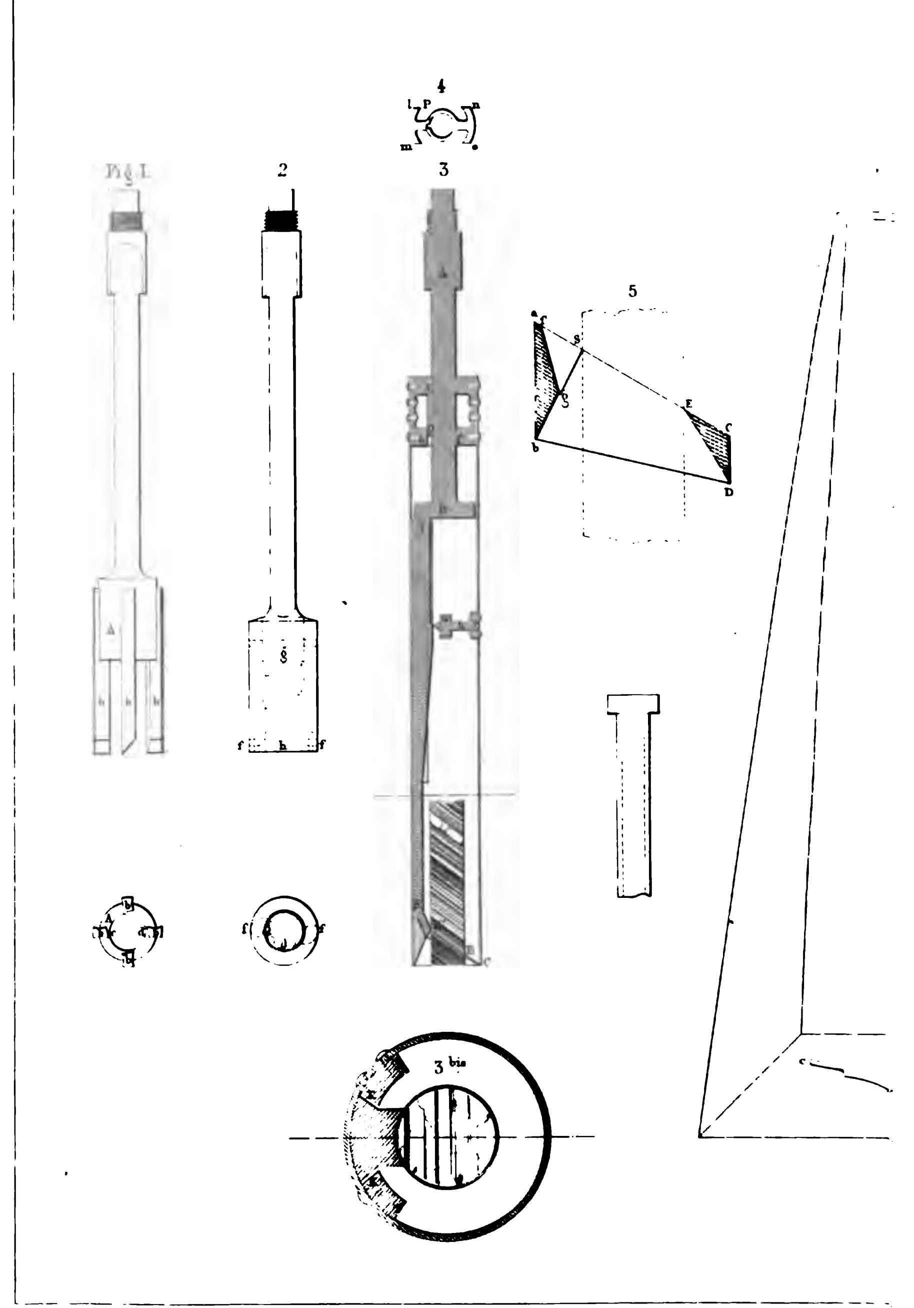




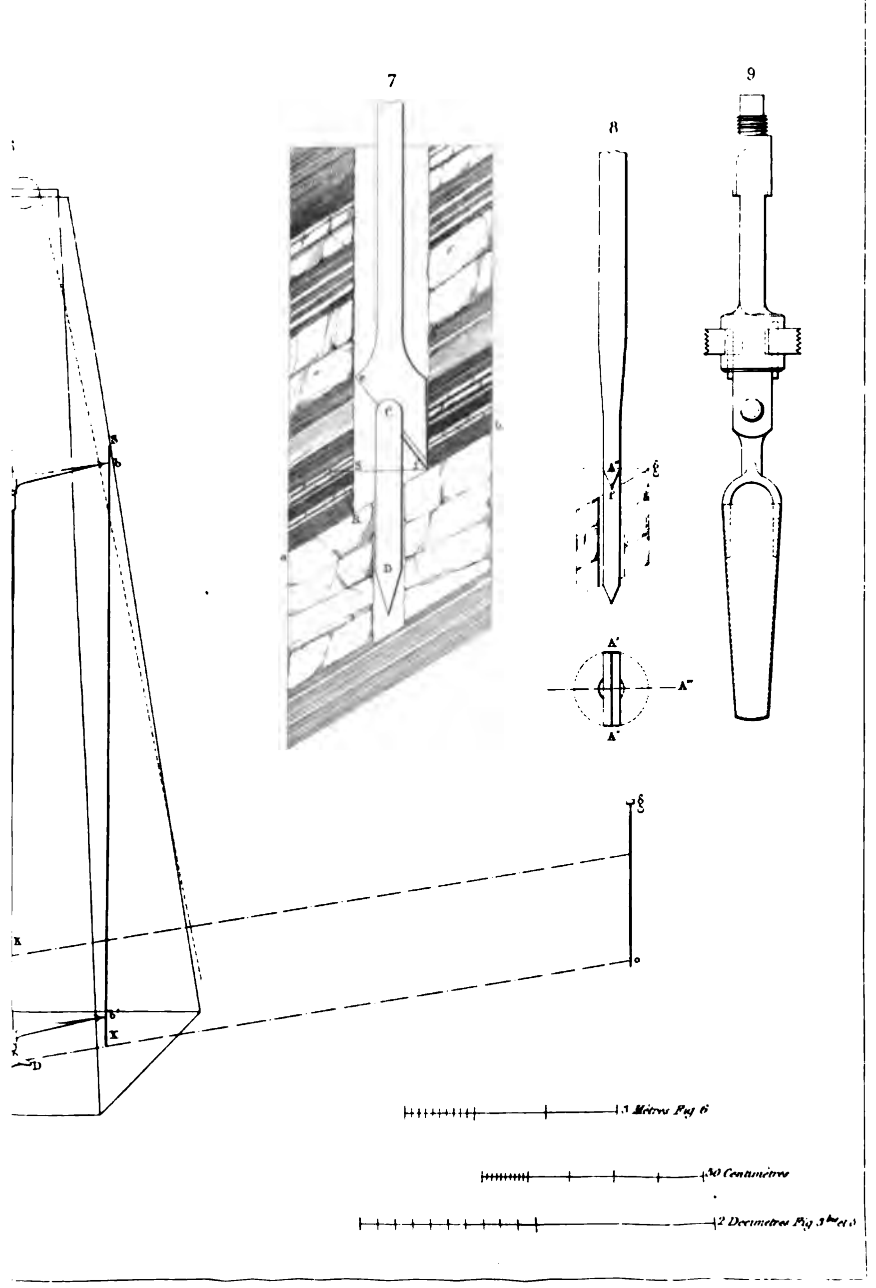
Dessiné par J. Arnaud



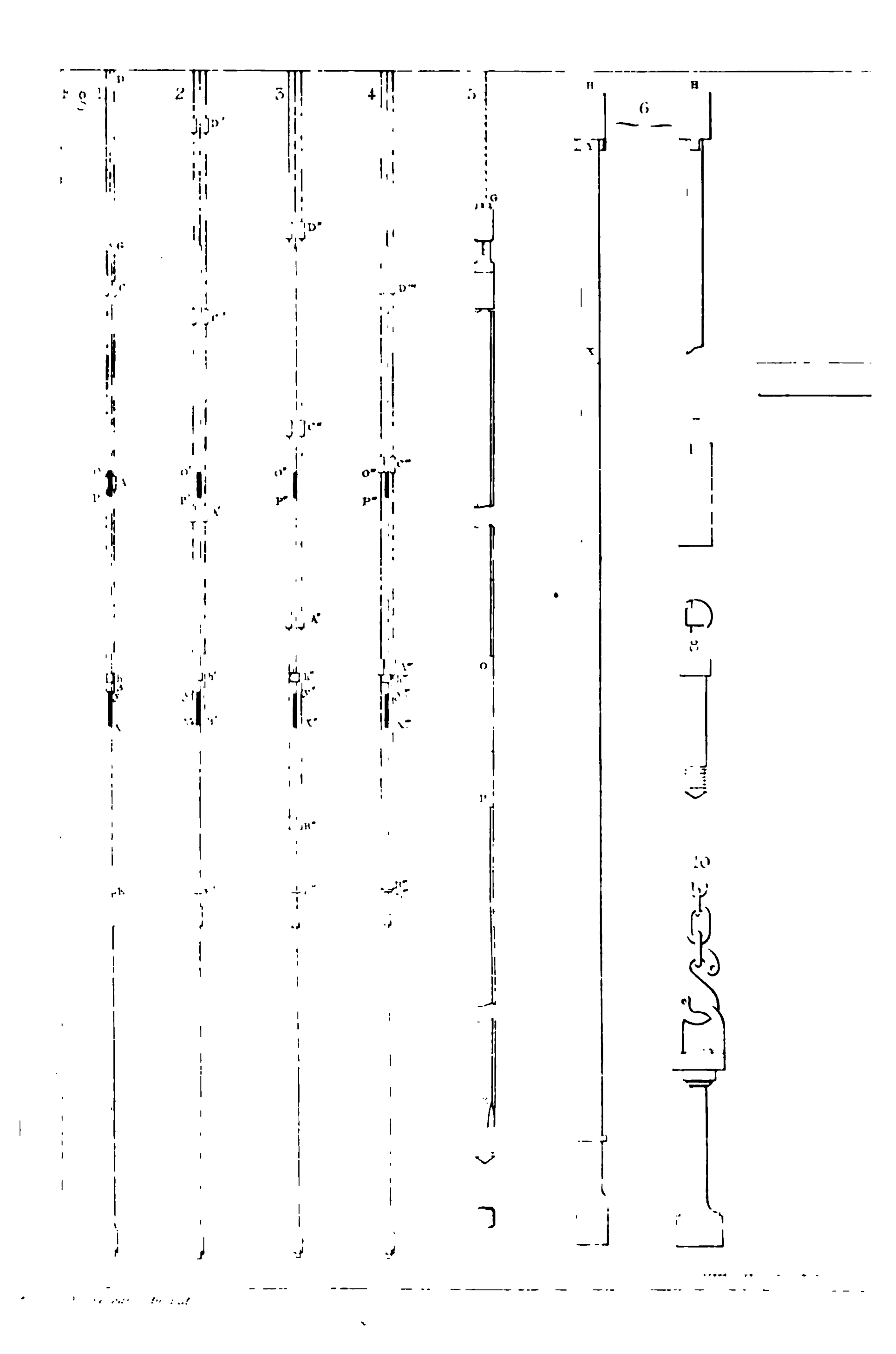
Gravé par E. Hamel

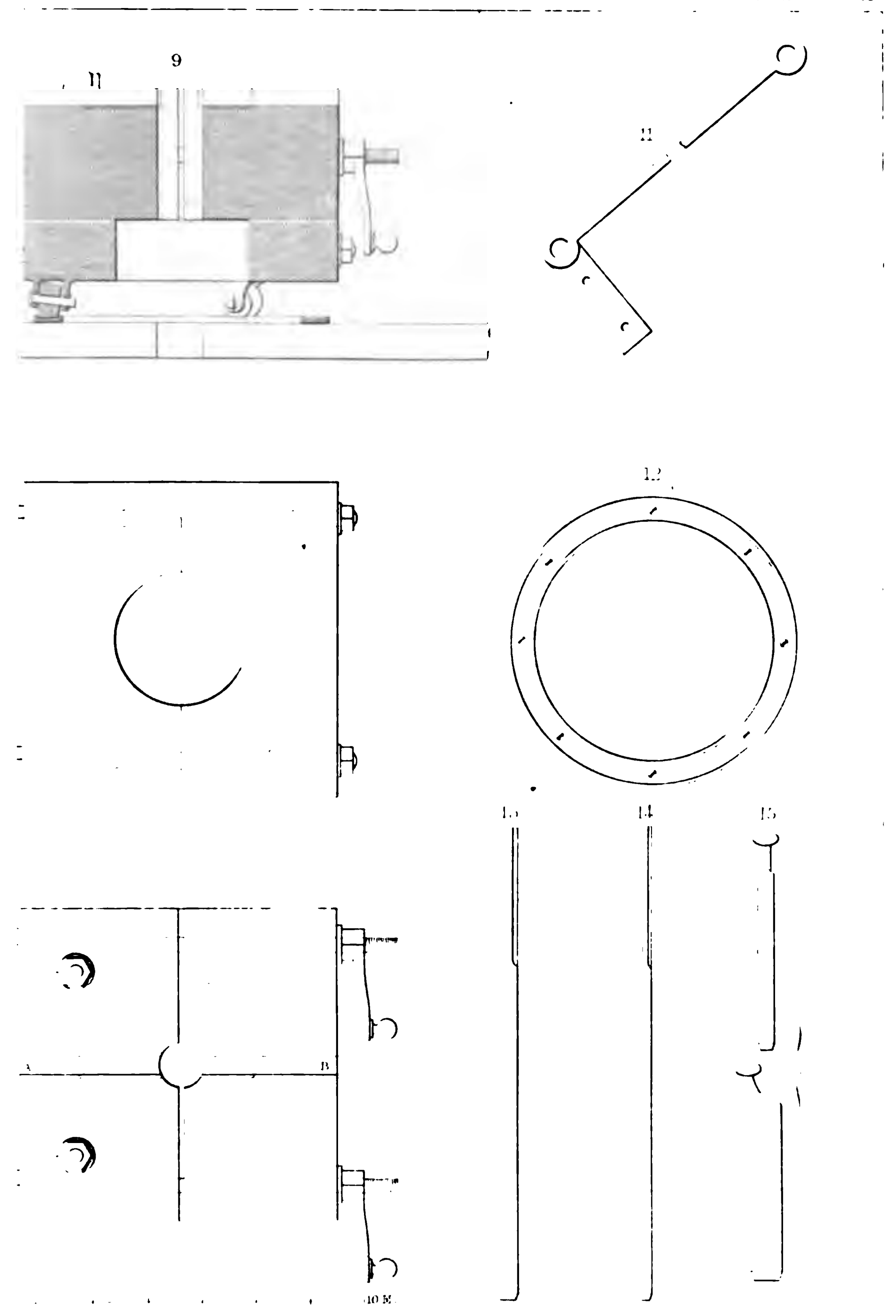


Dessiné par L. Agnaud



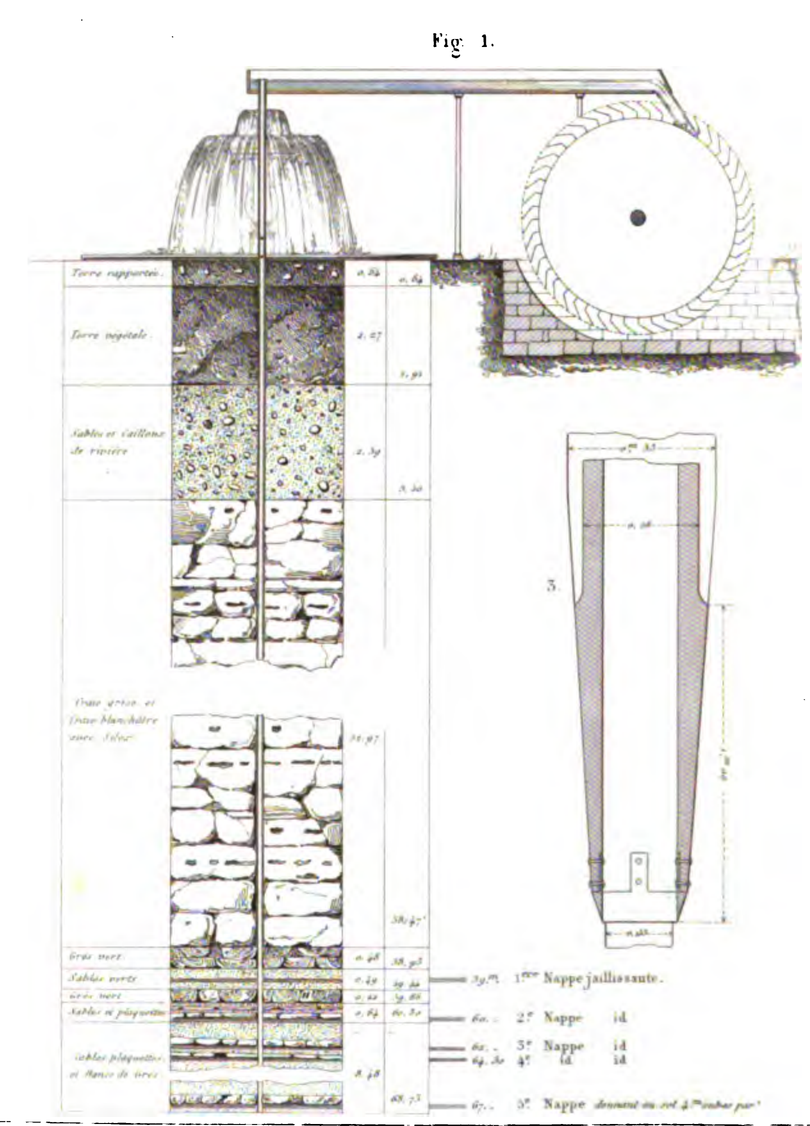
Gravé par E. Wormser



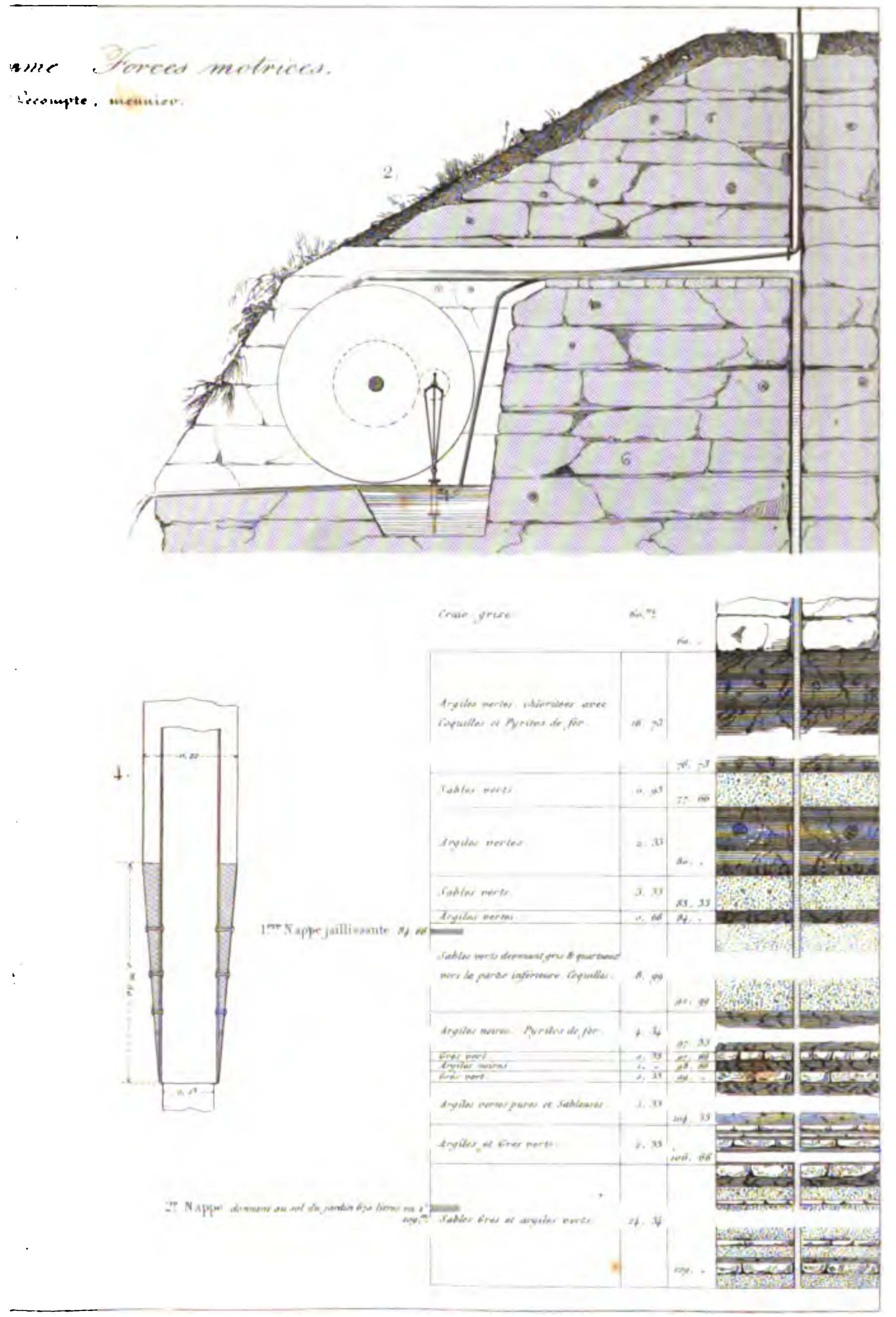

9
11
11
12
13
14
15
A
B
10 M.

Emploi des Sources artésiennes co

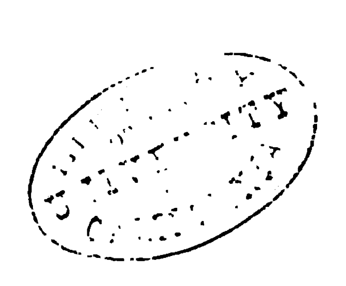
Ville aux Dames (Indre et Loire) M



Dessiné par L. Ayraud.



Gravé par E. Wormser.



Sondage de la Fontaine de l'Abime, à Ferrières (Seine & Marne)

Niveau des eaux jaillissantes

Fig. 1.

Terre végétale	1, ..	1, ..
Sable grisâtre argileux	1, ..	2, ..
Sable jaunâtre argileux	0, 80	2, 80
Marne jaune argileuse, terreuse, fragm.ts Calcaires	2, 17	4, 97
Marne blanchâtre friable pulvérulente	2, 27	7, 24
Sable marneux Nappe J.te	0, 20	7, 44
Agglomération de cailloux Calc.	0, 24	7, 68

2e Forage à Ferrières.

Niveau des eaux jaillissantes

2.

Terre végétale	0, 60	0, 60
Sable grisâtre argileux	1, 60	2, 20
Sable jaune terreux & graviers	0, 50	2, 70
Sable id marneux, veine	0, 44	3, 14
Marne jaunâtre, fragmens de divers Calcaires.	1, 46	4, 60
Marne jaune et Gravier	2, ..	6, 60
Agglomérat.n de Cailloux calc. Nappe jaillissante.	1, 26	7, 86

3e Forage à Ferrières

3.

Terre végétale	0, 60	0, 60
Sable grisâtre argileux	1, 50	2, 10
Sable jaune terreux, Graviers	0, 50	2, 60
id marneux, veine		
Marne jaune et Gravier	3, ..	5, 60
Agglomérat.n de Cailloux calc.	0, 50	6, 10

Alluvien.

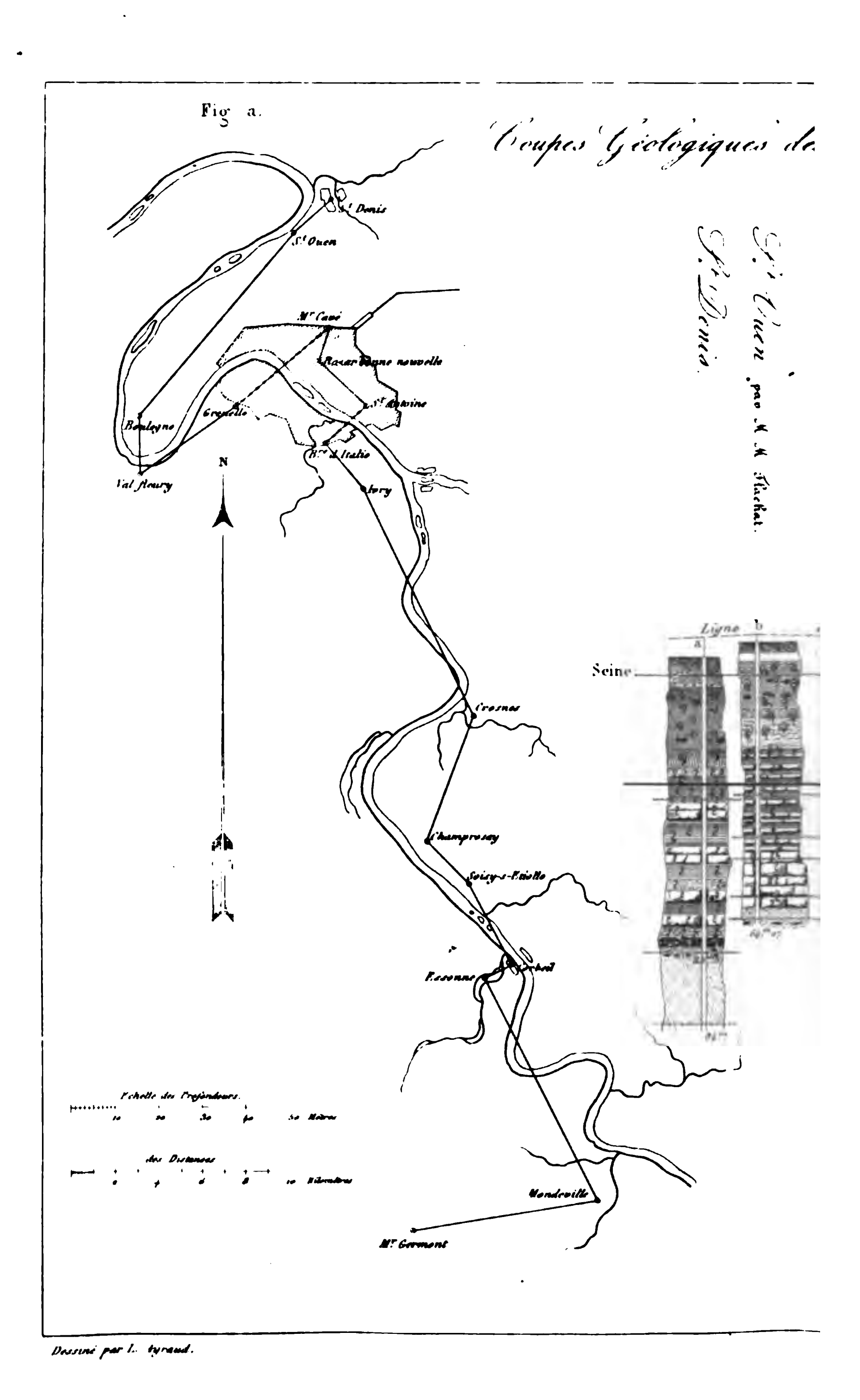
Terrain

Sondage dans u…

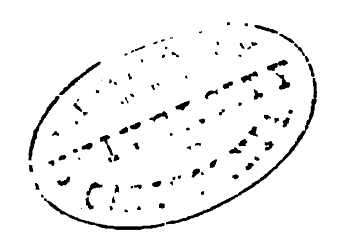
à …

Terre rapportée	3, 3…
Niv. de la Seine	
Alluvions de la Seine	… 3

Dessiné par L. Ayraud.



Dessiné par L. Eyraud.



Sondage de Marchiennes (Nord)

Terre végétale et arg. jaune	2, 38	2, 38
Tourbe	1, [illegible]	4, --
Sables blondâtres	2, 66	6, 66
Sables verts argileux	8, 66	15, 32
Argile grise compacte	10, 34	25, 66
Eau jaillissante 32m.		
Craie blanche sans Silex	31, 66	57, 32
id. marneuse grise	4, --	61, 32
id. avec Silex	12, 17	73, 49
Dièves (Marnes)	34, 51	108, --
Tourtia	0, 66	108, 66
Argiles schisteuses et Grès houillers	58, --	166, 66

14m

Sondage de [illegible]

Sables jaunes peu argileux	9 18	
Sables verts arg.x Silicate de fer	3. 21	
Grès quartzeux id	0. 39	
Argiles plastiques verdâtres	8. 76	
Eau jaillissante 23		
Craie blanche	14. 67	
id et Silex	2. 16	
id	23 09	
id grise Plaquettes de calc. marneux	11 [illegible]	
Dièves Marnes	21 21	
Marnes jaunes	1. 21	
Dièves	8. 09	
Marnes glauconieuses Tourtia	1. 31	
Schistes et argiles schisteuses jusques à 180m avec q.q. lits de phtanite. de 180 à 181m Grès. de 181 à 184, 83 Schistes analogues aux précédents. de 184, 83 à 185, 28 Quartz grenu. de 185, 28 à 186, 69 Calcaires schisteux, et Calcaires compactes de transition.	52. 49	

Dessiné par L. Ayraud

Fred (Nord)

4m

Sondage de Flines (Nord)

18m Mer.

Sables jaunes et blancs	8, 66	8, 66
Sables verts	10, 00	18, 66
id. argileux	7, 67	26, 33
Sables noirs	8, 66	34, 99
Argiles sableuses	8, 50	43, 49
Craie blanche et Silex	44, 78	88, 27
Craie grise et Silex, avec Plaquettes de Calc. pyriteux	16, 66	104, 93
Dièves de diverses couleurs	57, 73	162, 66
Marne glauconieuse. Tourtia	1,	163, 66
Calcaire carbonifère	2, 43	166, 11

Terrain Tertiaire

Terrain Crétacé

Terr. de Trans.

Gravé par E. Wormser

Sondage d'Abscon (Nord)

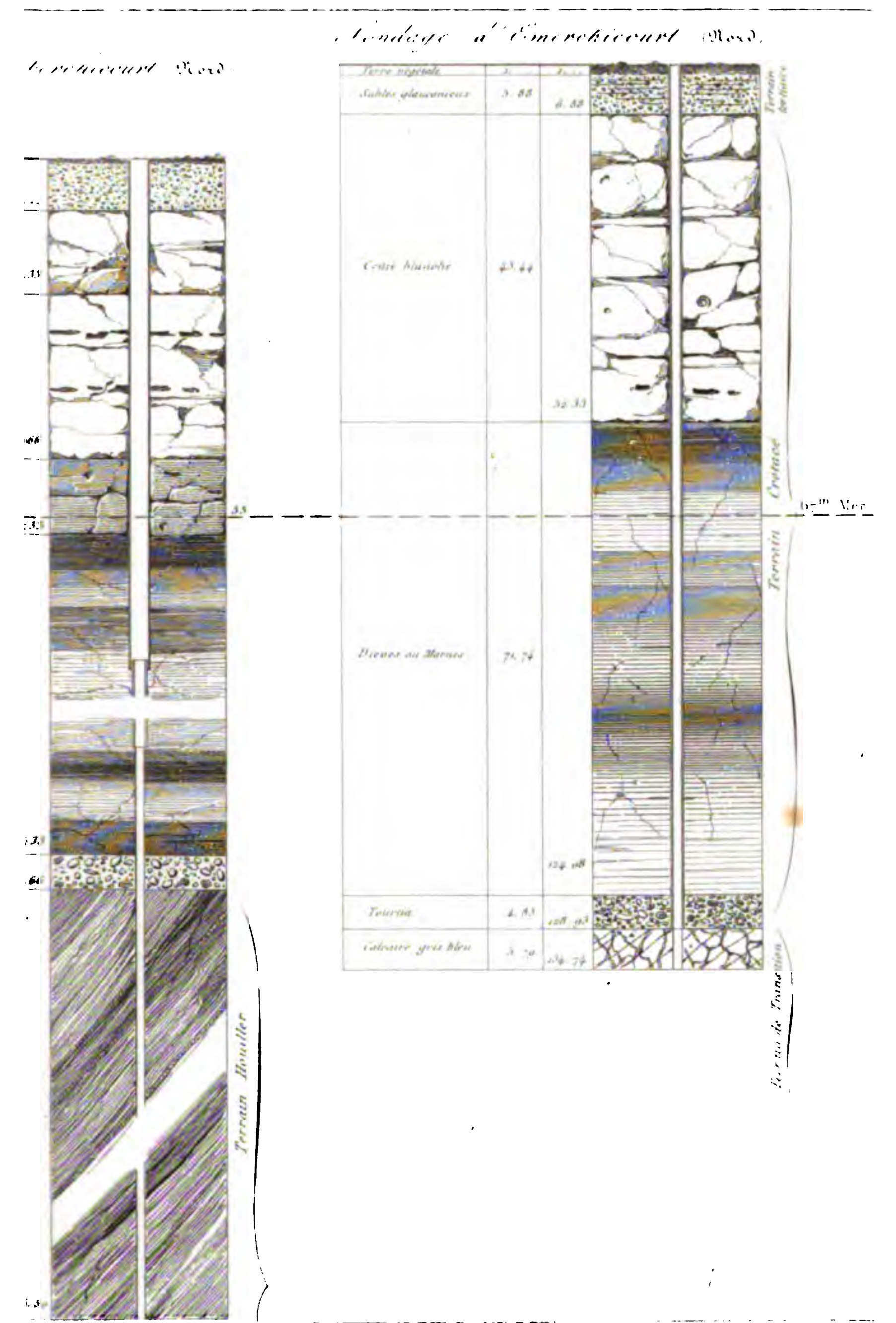
Terre végétale	1 ..	1 ..
Sables glauconieux	3. 88	4. 88
Craie blanche	43. 12	48 ..
Craie grise et Silex		60
Dièves ou Marnes	75. 33	138. 33
Tourtia	3. 16	143. 50
Argiles schisteuses et grès houillers	13. 92	
Houille à 142^m 80		157. 42

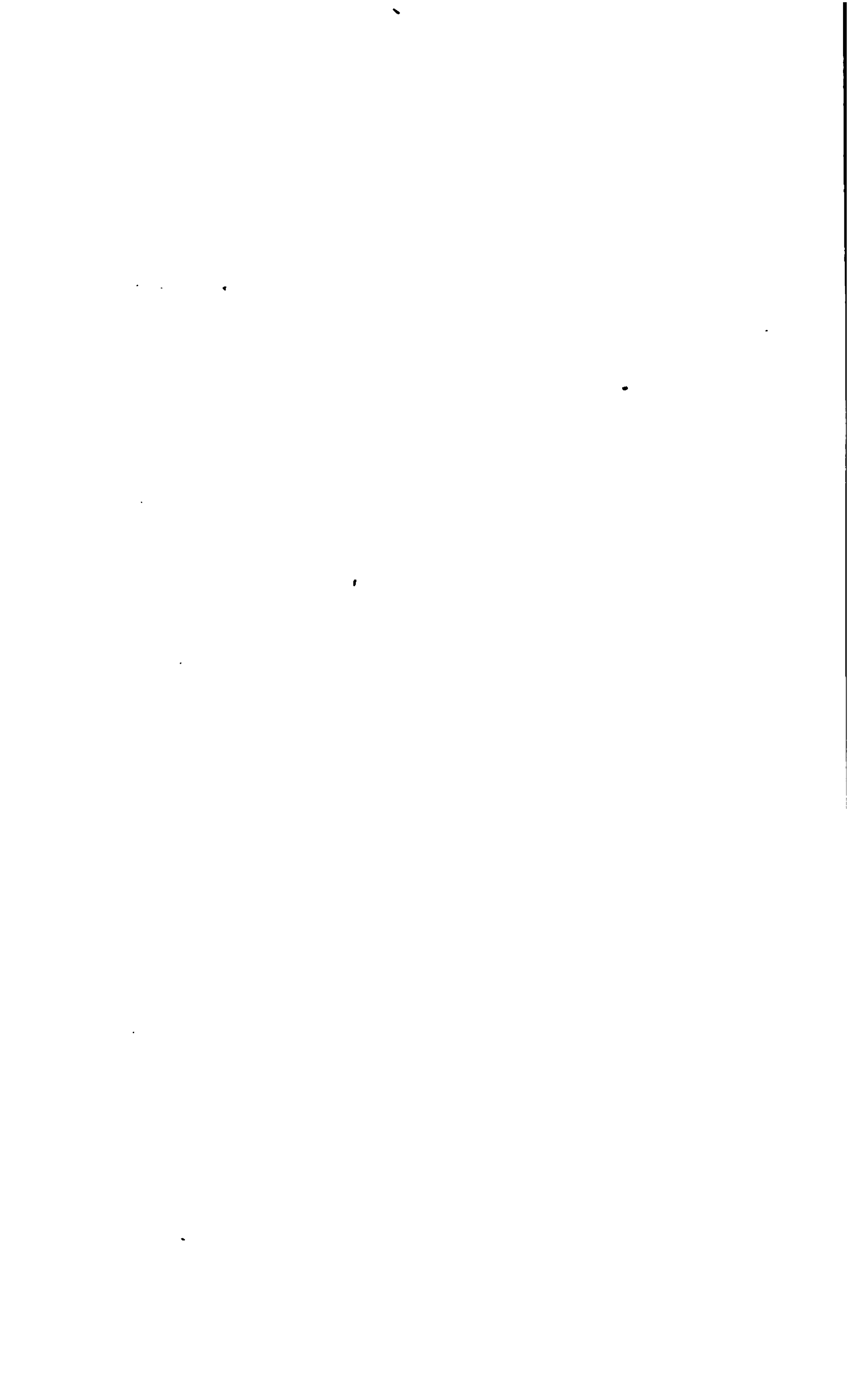
Terrain Houiller

Sondage d'...

Sables glauconieux	6 ..
Craie blanche	42. 33
id. avec Silex	18. 30
id. grise	8. 66
Dièves ou Marnes	62 ..
Tourtia	3. 53
Banc de grès de 0^m 38 d'épaisseur à 133^m id. de 0. 25 à 160. 33 Argiles schisteuses, quelques bancs de grès très durs Présence de Charbon à 182. 66	23. 84

Dessiné par L. Ayraud.


Sondage d'Emerchicourt (Nord)
Terre végétale
Sables glauconieux
5. 88
6. 88
Craie blanche
25. 44
32. 33
Dièves ou Marnes
104. 08
Tourtia
4. 85
108. 93
Calcaire gris bleu
Terrain tertiaire
Terrain Crétacé
Terrain de Transition
Terrain Houiller



Sondage de l'Hôpital militaire à Lille (Nord)

Terrain de remblai	[illegible]	[illegible]
Marne sableuse jaune	[illegible]	[illegible]
Couche graveleuse	0. 30	[illegible]
Marne sableuse jaune	[illegible]	[illegible]
Sable arg. jaune, fragm.ts de Craie	0. 90	5. 40
Sable jaune quelquefois argileux	2. 10	7. 50
Craie blanche tendre sans Silex, impure à la partie supérieure	15. [illegible]	22. 50
Craie blanche, Silex cornés	14	36. 50
Craie grise plaquettes de Calcaire marneux	21	57. 50
Marnes argileuses grises verdâtres (Dièves)	11. 83	69. 33
Tourtia	0. 40	69. 73
Calcaire carbonifère feuilleté prenant parfois une texture lamellaire	50. 53	120. 30

Nappe jaillissante 107.m

Terr. tert. inf.

Terrain Crétacé

Terrain de Transition

Sondage de [illegible]

Terre végétale	[illegible]
Marne grise	[illegible]
Marne blanche et Silex	[illegible]
id. jaune id.	[illegible]
id. [illegible]	[illegible]
Tuf	[illegible]
Craie blanche sableuse à la partie inférieure	8. 77
Succession de bancs de calcaire plus ou moins compacte et mélange d'argile marneuse de jaunâtre ou verdâtre renfermant les rognons de calcaire [illegible] de Silex et q.q. veines de Sable argileux	31. [illegible]
Différentes assises de marne argileuse & de calcaire marneux devenant très compacte vers la partie inférieure	13. 83
Marne argileuse grise	2. [illegible]
Sables glauconieux avec rognons semblables à ceux du Tourtia	7. [illegible]

Nappe jaillissante

[illegible]	[illegible]
Sable glauconieux rognons de quartz	[illegible]
[illegible]	[illegible]
Sables glauconieux grains [illegible]	[illegible]
Marne argileuse grise	32. [illegible]
Calcaire oolithique gris jaunâtre	9. [illegible]
Conglomérat à Ciment argilo-calc.re roche analogue au Tourtia	0. 85
Calcaire oolithique	12. [illegible]

Dessiné par L. Ayraud

…ucheux (Somme)

2. 33	
3. 33	
4. ..	
16. 33	
48. ..	
101. 83	
104. 33	
111. 33	
147. 64	
157. 30	
160. 12	
170. 17	

Ter. Tert. — Terrain Crétacé. — Terrain Jurassique.

Sondage de Gouy en Artois (Pas de Calais)

Terre végétale et argile jaunâtre	2. 33	2. 33	
Marne avec Silex et rognons Calc.	3. 33	5. 66	
Marne avec rognons Calc.	3. 34	9. ..	Terrain Crétacé.
Calcaire marneux bleuâtre, verdâtre, grisâtre, blanchâtre, plus ou moins compacte.	123. 66	132. 66	
Grès vert.	[illegible]	[illegible]	
Marne argileuse grisâtre.	1. ..	135. 32	
Grès vert.	1. ..	136. 32	
Argile sableuse.	1. 33	137. 65	
Marne glauconieuse et Tourtia	4. ..	141. 65	
Schistes dans lesquels, de loin en loin, il se rencontre de minces bancs de grès.	55. 99	195. 66	Terrain de Transition.
Gneisses.	16. 02	211. 68	

Gravé par E. Wormser

Sondage de l'abattoir de Grenelle à Paris.

Exécuté par M.r Mulot, Ing.r Mécanicien.

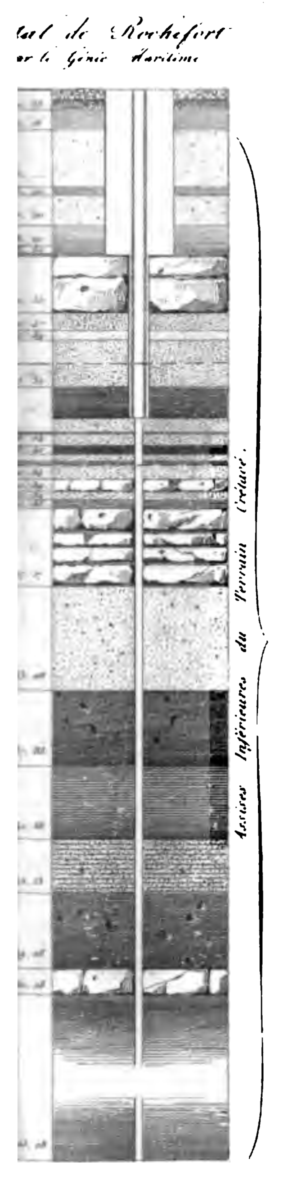
Terrains	Épaisseur	Profondeur	
Terrain d'Alluvion. Sables et cailloux roulés.	10	10	Alluvions de la Seine
Argiles plastiques & Sables quartzeux.	31		Terrain Tertiaire. Groupe des Sables Infér.
Niveau de la Mer		21	
		41	
Craie blanche avec Silex noirs.	99	140	Terrain Crétacé.
Craie marneuse, grise avec Silex.	23	163	
Craie marneuse, grise, très compacte alternant avec des couches d'argile micacée.	341	506	
Argiles micacées, bleues, vertes, noires, beaucoup de fossiles, nombreuses pyrites.	346	546	
Sables verts. Nappe jaillissante	1	547	

Dessiné par J. Ayraud.

Sondage de l'Ro[illegible]

(Charente Inf.) Exécuté [illegible]

Terrains	Épaisseur
Terrains de remblai & superficiel	[illegible]
Argile jaunâtre	[illegible]
Sable jaune très fin	[illegible]
Argile jaunâtre	[illegible]
Sable semblable au précédent	[illegible]
Argile sableuse	[illegible]
Argile [illegible]	[illegible]
Roche Calcaire	[illegible]
Sable jaune	[illegible]
id. blanc	[illegible]
Sable vert	
Mer haute	[illegible]
Argile noire et sable vert	[illegible]
1.ère ascension	
Argile noire	[illegible]
Mer basse 2.e ascension	
Sable vert	[illegible]
Roche Calcaire	[illegible]
Sable [illegible]	[illegible]
Argile [illegible]	[illegible]
Roche Calcaire et marnes.	[illegible]
Sables verts très secs	[illegible]
Argile noire, sableuse pyriteuse.	4 80
id. moins sableuse	4 80
Sables verts argileux.	2 40
Argile noire, sableuse pyriteuse	3 40
Roche Calcaire.	1.
Marnes fétides	33 00

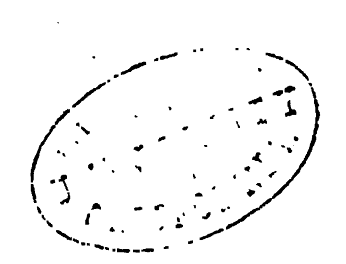


Sondage de Cessingen, Prusse

Exécuté par Kind, sous la Direction de M. M. Bost & Rives.

Calcaire argileux avec fer oolitique, gryphées, ammonites, bélemnites	30. ..	30. ..	Terrain Liasique.
Argiles schisteuses bitumineuses	23. ..	53. ..	
Grès de Luxembourg	86. 68	139. 68	
Marnes & Gypses	110. 32	250. ..	Terrain Keuprique.
Argiles & Gypse anhydre	93. 77	343. 77	
Grès rouge dur	5. ..	348. 77	
Argiles & Gypse anhydre.	186. 23		
A 535m le Sondage a été suspendu sur les anhydrites anhydres qui recouvrent le sel de Vienne & de Vic.		535. ..	

Gravé par L. Wormser



Sondage de Romagne-sous-les-Côtes. (Meuse)

Recherche d'Eaux jaillissantes dans le Terrain Jurassique.

Terre végétale	1. 40	1. 40
Remblais [illegible]		
[illegible]		2. 35
Argile bleue micacée	78. 27	80. 87
[illegible]	[illegible]	
[illegible]	0. 33	
[illegible]	[illegible]	[illegible]
Argiles et Coquilles	22. 30	103. 83
[illegible]	0. 80	
Argiles avec Fossiles	19. 15	123. ..
Argiles et plaquettes Calcaires avec Coquilles	27. 18	150. 18
Niveau de la Mer		246. ..

Dessiné par L. Ayraud.

Sondage de F...

Recherche de Houille. Rencontre d'Eau...

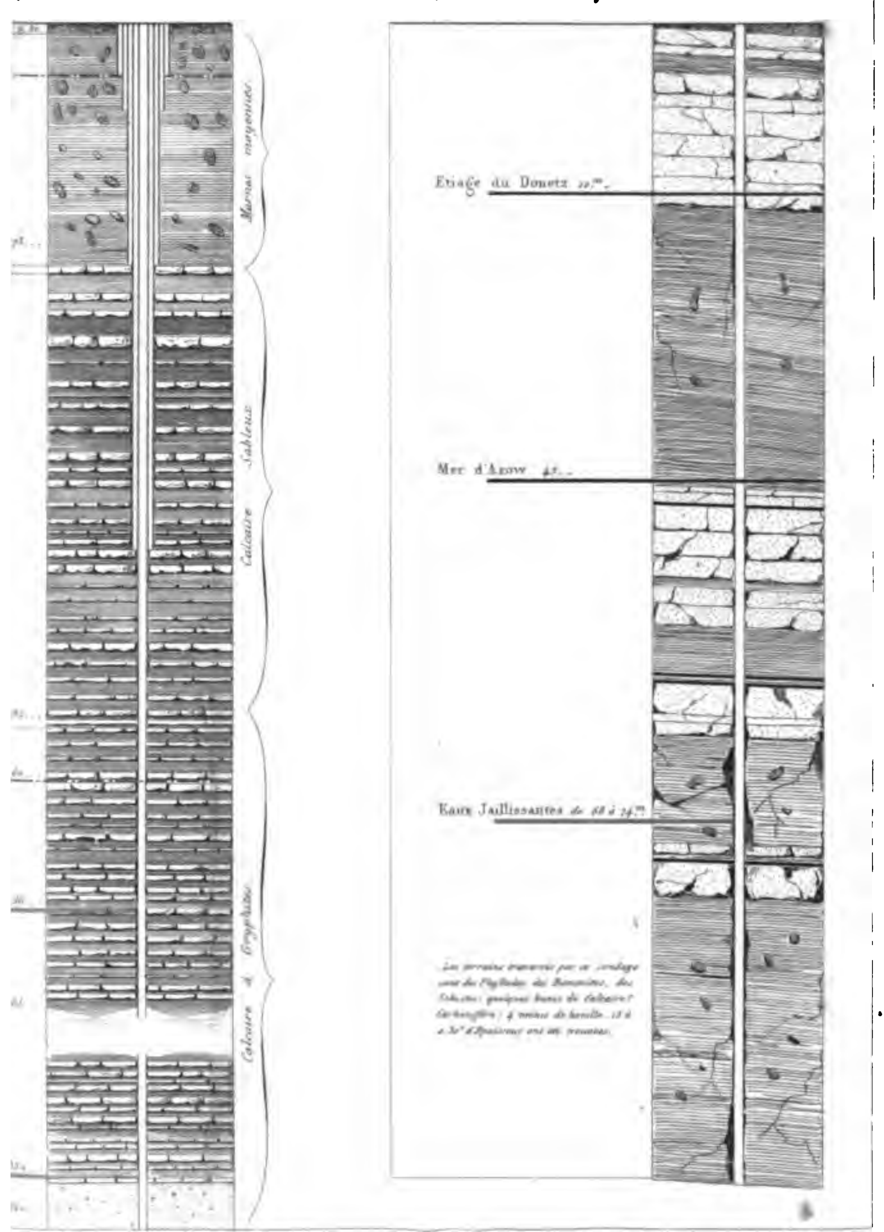
Terre végétale	1 10
Etiage de la Meuse	
Marnes bleues à Fossiles	70 ..
Calcaires sableux et marnes	79 ..
Niveau de la Mer	
Calcaires compactes et marnes.	
Nappe Jaillissante	
Lias	
Nappe Jaillissante	
Sables	

...enchery (Ardennes)

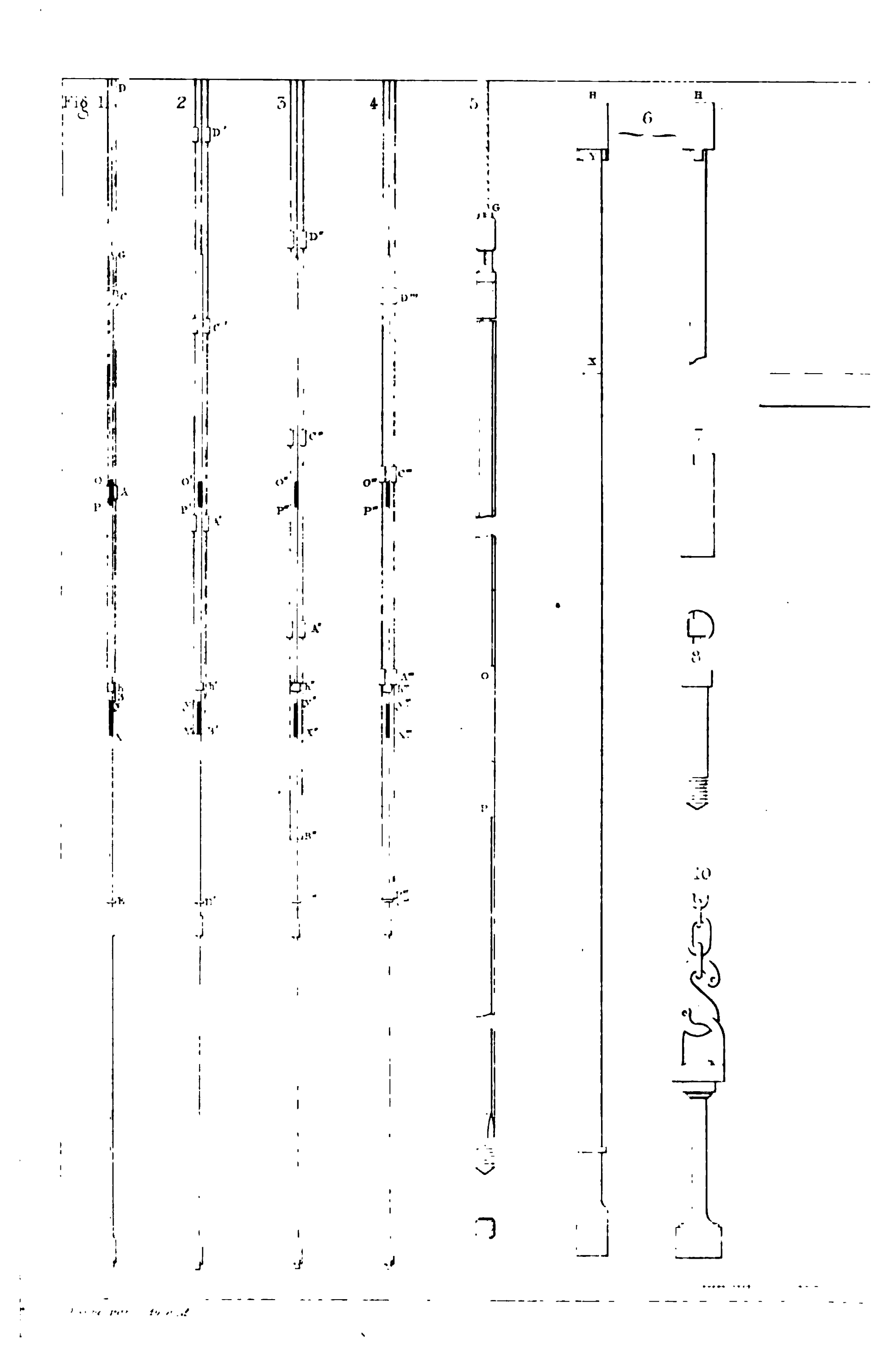
...jaillissantes dans le terrain Liasique.

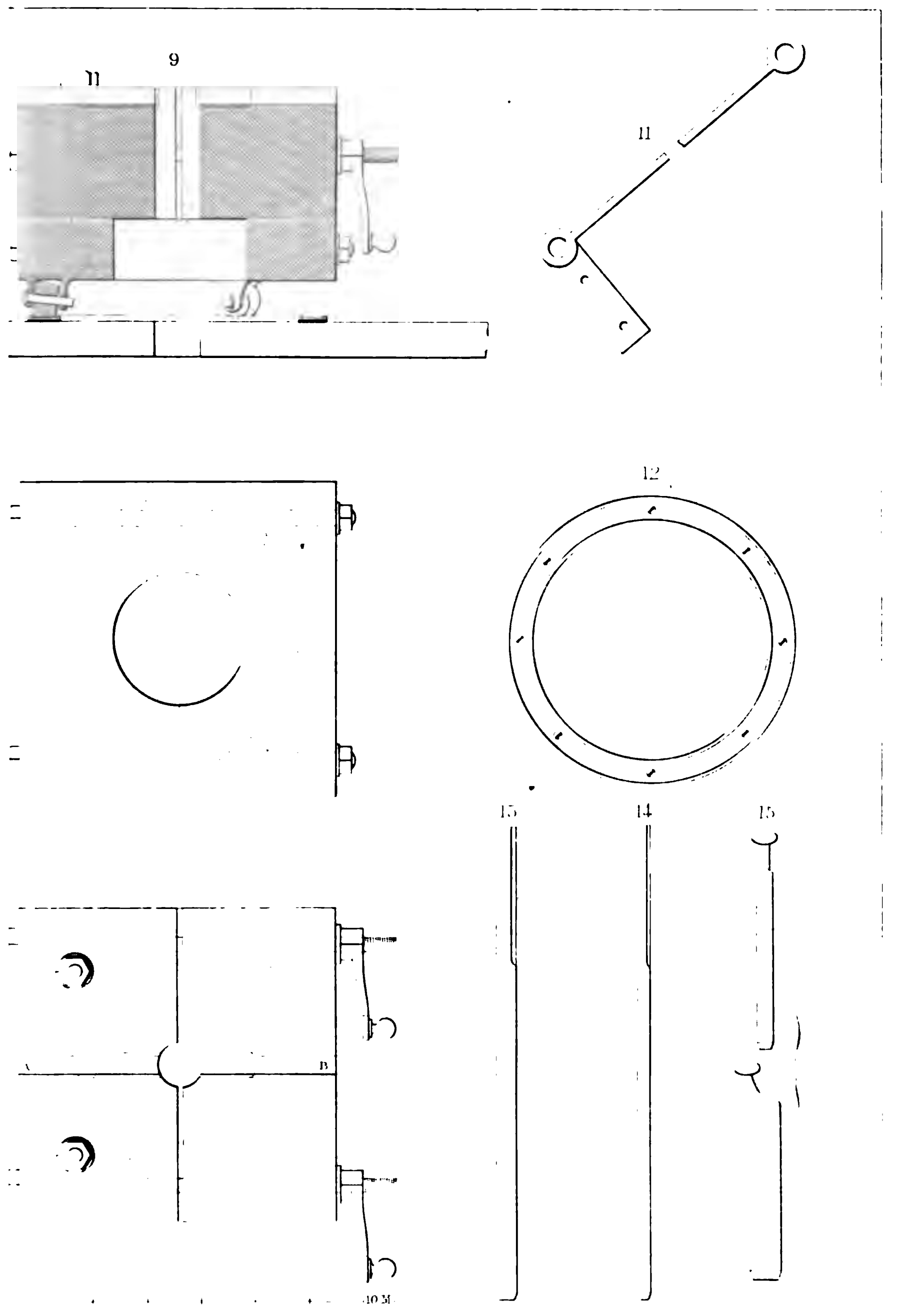
Sondage de Roubejnoï, Pays Cosaque

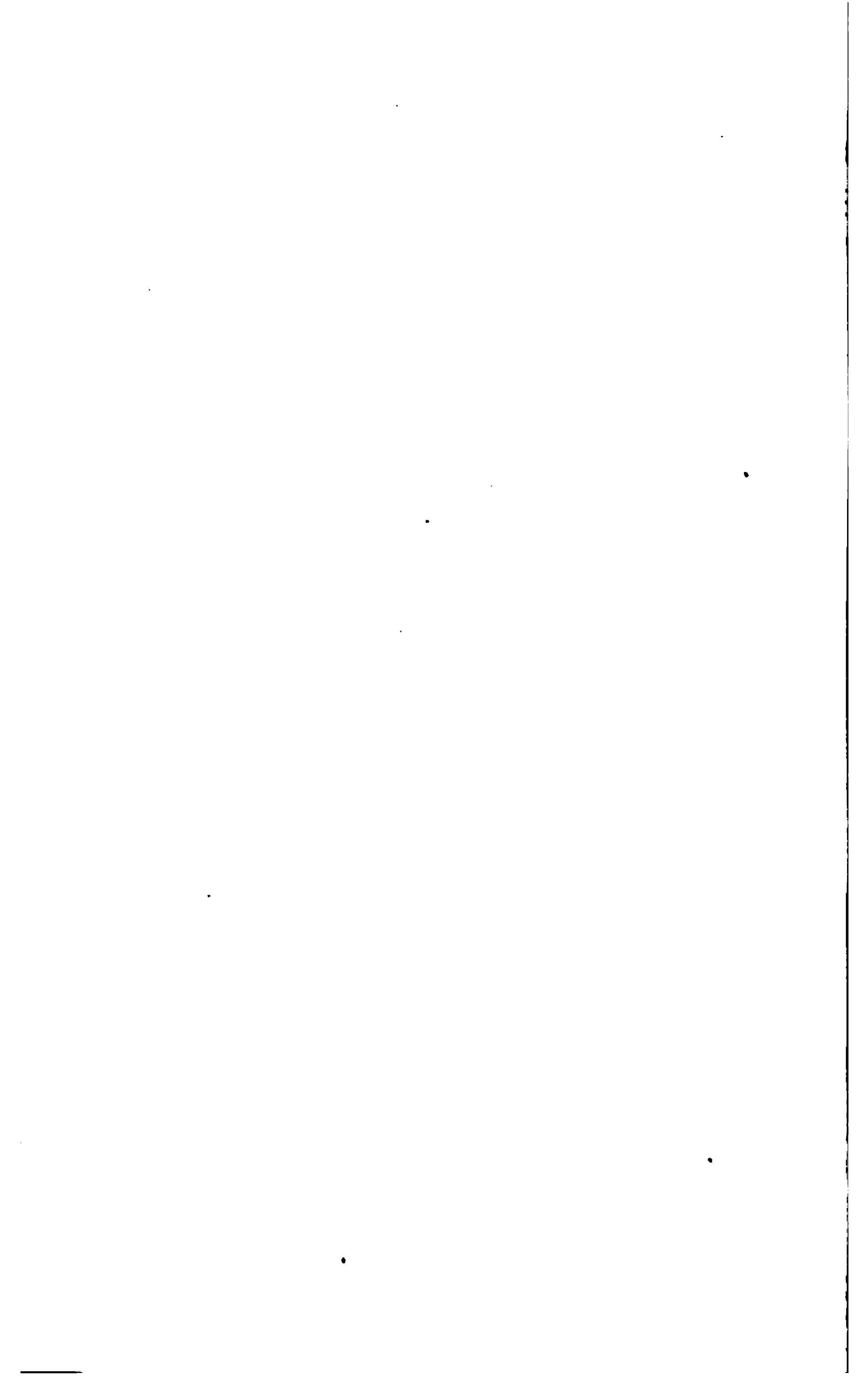
Recherche de Houille _ Rencontre d'Eaux jaillissantes dans le terrain Anthraxifère

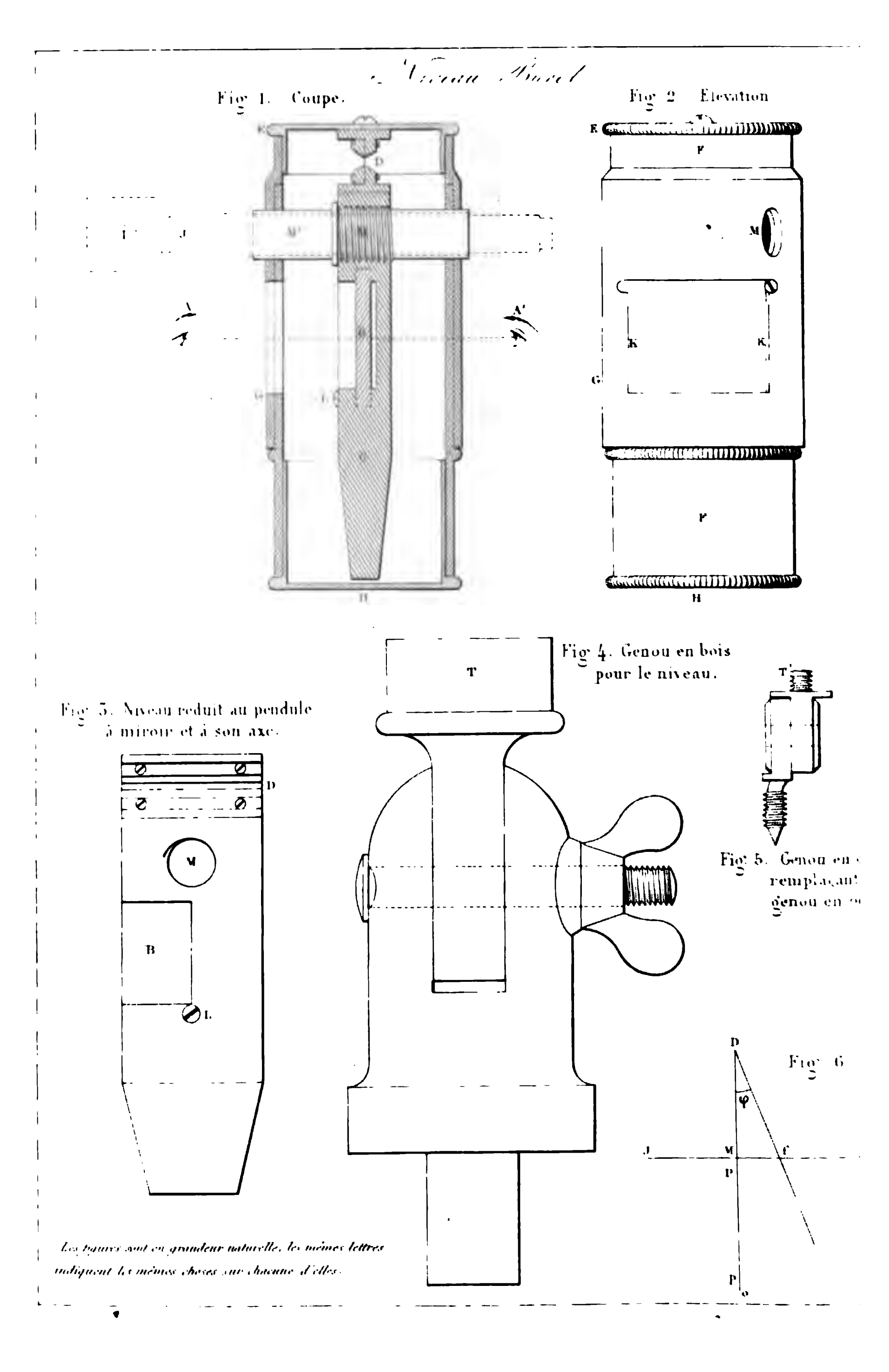


Gravé par R. Wormser


Fig 1.
2
3
4
5
6
8
10

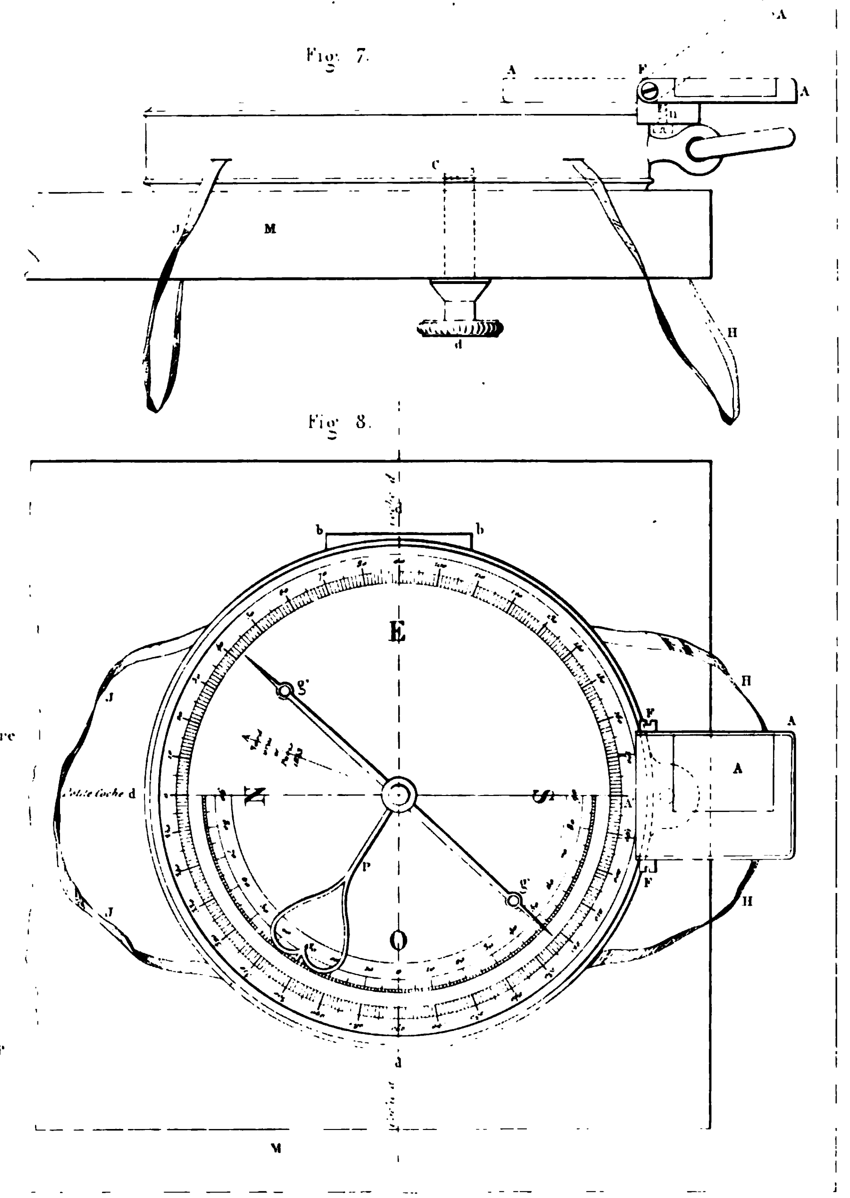

9
11
11
12
13
14
15
A
B
10 M

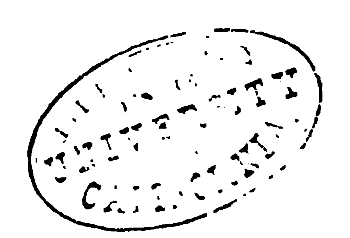




Les figures sont en grandeur naturelle, les mêmes lettres indiquent les mêmes choses sur chacune d'elles.

Boussole de reconnaissance, pour les officiers d'état major, les voyageurs, les géologues, &c.





Sondage de la Fontaine de l'Abime, à Ferrières (Seine & Marne)

Niveau des eaux jaillissantes

Fig. 1.

Terre végétale	1. . .	1. . .
Sable grisâtre argileux	1. . .	2. . .
Sable jaunâtre argileux	0. 80	2. 80
Marne jaune argileuse, terreuse, fragm.s Calcaires.	2. 17	4. 97
Marne blanchâtre, friable pulvérulente.	2. 27	7. 26
Sable marneux Nappe J.te	0. 20	7. 46
Agglomération de Cailloux Calc	0. 24	7. 68

2e Forage à Ferrières.

Niveau des eaux jaillissantes

2.

Terre végétale	0. 60	0. 60
Sable grisâtre argileux	1. 60	2. 20
Sable jaune terreux & graviers	0. 50	2. 70
Sable id marneux veiné	0. 44	3. 14
Marne jaunâtre, fragmens de divers Calcaires.	1. 46	4. 60
Marne jaune et Gravier	2. . .	6. 60
Agglomérat.n de Cailloux calc. Nappe jaillissante.	1. 26	7. 86

3e Forage à Ferrières.

3.

Terre végétale	0. 60	0. 60
Sable grisâtre argileux	1. 50	2. 10
Sable jaune terreux, Graviers	0. 50	2. 60
id marneux veiné		
Marne jaune et Gravier	3. . .	5. 60
Agglomérat.n de Cailloux calc	0. 50	6. 10

Alluvien.

Terrain

Sondage dans u…

à …

Terre rapportée 3 …

Niv de la Seine.

Alluvions de la Seine 3 3…

Dessiné par L. Ayraud

Puits d' usine,
Gris.

4.

Tuyau d'Aspiration

Sondage de Hombourg (Hesse)

Recherches d'eaux douces pour M. M. Blanc.

5.

Pieds Allemands

	P p	P p
Terre vegetale	1 . 6	1 . 6
Argiles avec rognons de roches primitives.	4 . .	5 . 6
Graviers / Gros galets } de roches prim^res		
Limite d'ascension des Eaux.	7 . .	9 . .
Graviers et Galets	3 . .	12 . 6 / 15 . 6
Sables gris. Eaux ascendantes	4 . .	19 . 6

Terrain Alluvien.

Gravé par F.

